

**PEMBANGUNAN DAN KEBERKESANAN
APLIKASI PEMBELAJARAN GEOMETRI
REALITI TERIMBUH (*LearnGeoAR*) TERHADAP
KEUPAYAAN VISUALISASI RUANG DAN
PENCAPAIAN TAJUK RUANG DALAM
KALANGAN MURID TAHUN DUA**

MOHAMAD BASRI BIN NADZERI

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

2024

**PEMBANGUNAN DAN KEBERKESANAN
APLIKASI PEMBELAJARAN GEOMETRI
REALITI TERIMBUH (*LearnGeoAR*) TERHADAP
KEUPAYAAN VISUALISASI RUANG DAN
PENCAPAIAN TAJUK RUANG DALAM
KALANGAN MURID TAHUN DUA**

oleh

MOHAMAD BASRI BIN NADZERI

**Tesis yang diserahkan untuk
memenuhi keperluan bagi
Ijazah Doktor Falsafah**

September 2024

PENGHARGAAN

Syukur ke hadrat Allah S.W.T kerana dengan izinNya, dapat saya menyiapkan tesis penyelidikan ini sehingga dianugerahkan Ijazah Kedoktoran (PhD) dalam bidang pendidikan matematik dengan jayanya. Selawat dan salam kepada nabi junjungan Muhammad SAW, keluarga dan para sahabatnya.

Setinggi-tinggi penghargaan dan terima kasih dirakamkan kepada semua yang telah terlibat sepanjang penyelidikan ini dijalankan terutama kepada Pusat Pengajian Ilmu Pendidikan, Universiti Sains Malaysia dan penyelia utama saya, Dr. Muzirah Musa serta penyelia bersama iaitu Profesor Madya Dr. Chew Cheng Meng dan Ts. Dr. Irwan Mahazir Ismail. Terima kasih atas segala nasihat dan dorongan semasa menyempurnakan tesis penyelidikan ini. Segala bimbingan, pandangan yang diberikan banyak membantu kepada kejayaan tesis penyelidikan ini.

Tidak dilupakan, jutaan terima kasih kepada warga Universiti Sains Malaysia, terutamanya kepada semua pensyarah, staf dan rakan seperjuangan, terutama kepada Dr. Mohd Syazwan bin Zainal, Dr. Mohd Azizi bin Mohd Noor, Dr. Chin Huan, Abd Hadi bin Abu Hasan dan Muhammad Azlan bin Ithnin yang telah banyak membantu dan bersama-sama berjuang menamatkan pengajian PhD sepanjang tiga tahun ini. Di samping itu, mereka tidak jemu memberikan kata-kata motivasi sepanjang perjalanan saya dalam menyiapkan tesis penyelidikan ini.

Pada kesempatan ini juga, saya ingin merakamkan ucapan terima kasih kepada pihak Kementerian Pendidikan Malaysia (KPM) atas penganugerahan Hadiah Latihan Persekutuan (HLP) dengan biasiswa pada peringkat PhD kepada saya. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada pihak Bahagian Perancangan dan Penyelidikan Dasar Pendidikan KPM, Jabatan Pendidikan Negeri (JPN) Perak dan Pejabat Pendidikan Daerah (PPD) Kerian, Perak. Selain itu, ucapan terima kasih ini juga ditujukan khusus

buat mantan guru besar SK Ladang Baru, Lawas, Sarawak iaitu Encik Rajudin bin Kahar, yang telah memberi kebenaran dan memotivasikan saya sehingga memperoleh tawaran biasiswa menyambung pengajian pada peringkat PhD. Beliau juga turut memberikan galakan kepada saya untuk menjadi seorang guru yang luar biasa apabila berjaya kelak.

Limpahan kasih sayang yang tidak terhingga buat keluarga tercinta yang sentiasa menyokong dan mendoakan kejayaan saya. Sekalung terima kasih yang tidak berbelah bahagi dan tiada ucap kata yang boleh dilafazkan secara lisan mahupun bertulis kepada keluarga yang dicintai iaitu mak, Arbaiah binti Said, abah, Nadzeri bin Ismail, kakak, Norliana binti Nadzeri dan abang, Mohamad Ashraq bin Nadzeri serta anak-anak saudara iaitu Nor Aleeya Fadhilah binti Mohamad Faisal, Muhammad Aniq Fauzan bin Mohamad Faisal, Muhammad Amir Haziq bin Mohamad Ashraq dan Muhammad Amir Afiq bin Mohamad Ashraq atas doa dan galakan yang tidak pernah putus untuk memastikan kelancaran perjalanan pengajian saya ini. Segala pengertian, keprihatinan, kesabaran dan pengorbanan yang kalian berikan amat saya hargai. Semoga hasil kejayaan mencapai PhD ini menjadi pemangkin dan galakkan kepada anak-anak saudara saya pada masa hadapan. Semoga Allah sentiasa merahmati kita dalam apa jua bidang yang diceburi.

JADUAL KANDUNGAN

PENGHARGAAN	ii
JADUAL KANDUNGAN	iv
SENARAI JADUAL	xii
SENARAI RAJAH	xviii
SENARAI SINGKATAN	xxi
SENARAI LAMPIRAN.....	xxiv
ABSTRAK	xxvi
ABSTRACT	xxix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Kajian.....	1
1.2 Pernyataan Masalah.....	10
1.3 Objektif Kajian.....	16
1.4 Persoalan Kajian.....	16
1.5 Hipotesis Kajian	17
1.6 Kepentingan Kajian.....	19
1.6.1 Murid.....	19
1.6.2 Guru.....	20
1.6.3 Kementerian Pendidikan Malaysia	20
1.7 Batasan Kajian.....	21
1.8 Definisi Operasional.....	22
1.8.1 Realiti Terimbuh (AR)	22
1.8.2 Keupayaan Visualisasi Ruang.....	23
1.8.3 Pencapaian Tajuk Ruang.....	23
1.9 Rumusan.....	24

BAB 2 SOROTAN LITERATUR.....	25
2.1 Pengenalan	25
2.2 Perkembangan Kurikulum Matematik Sekolah Rendah	25
2.2.1 Perbezaan KBSR dan KSSR Matematik Sekolah Rendah.....	28
2.2.2 Tajuk Ruang dalam Kurikulum Matematik Sekolah Rendah	30
2.3 Aplikasi Teknologi dalam Pendidikan Matematik.....	37
2.4 Realiti Terimbuh (AR)	42
2.4.1 Konsep AR.....	44
2.4.2 Jenis-Jenis AR.....	46
2.4.3 Kelebihan AR dalam Pendidikan	50
2.4.4 Isu dan Cabaran AR dalam Pendidikan	55
2.5 Faktor Yang Mempengaruhi Pembelajaran Murid dalam AR	57
2.6 Aplikasi AR dalam Bidang Pendidikan	60
2.6.1 Implikasi Aplikasi AR Dalam Bidang Pendidikan Kepada Kajian	62
2.7 Aplikasi AR dalam Pendidikan Matematik.....	63
2.7.1 Implikasi Aplikasi AR Dalam Pendidikan Matematik Kepada Kajian	83
2.8 Keupayaan Visualisasi Ruang.....	84
2.9 Pencapaian Murid dalam Tajuk Ruang	87
2.10 Teori Pembelajaran Berkaitan Pembangunan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	90
2.10.1 Teori Perkembangan Kognitif Piaget.....	90
2.10.2 Teori Konstruktivisme	94
2.11 Teori van Hiele.....	97
2.12 Model Penerimaan Teknologi (TAM).....	99
2.13 Model Reka Bentuk Pengajaran	100
2.14 Model Reka Bentuk Pengajaran dalam Penyelidikan Reka Bentuk dan Pembangunan (PRP)	103

2.15	Kerangka Konseptual Kajian	107
2.16	Rumusan.....	111
BAB 3 METODOLOGI KAJIAN.....		112
3.1	Pengenalan	112
3.2	Reka Bentuk Kajian	112
3.3	Fasa Analisis Keperluan.....	114
3.3.1	Fasa Analisis Keperluan: Populasi dan Sampel Kajian	115
3.3.2	Fasa Analisis Keperluan: Instrumen Kajian.....	117
3.3.3	Fasa Analisis Keperluan: Kesahan dan Kebolehpercayaan Instrumen.....	120
3.3.4	Fasa Analisis Keperluan: Analisis Data	129
3.4	Fasa Reka Bentuk dan Pembangunan	132
3.4.1	Penilaian Prototaip Aplikasi <i>LearnGeoAR</i> oleh Pakar: Ujian Alpha	134
3.4.2	Penilaian Prototaip Aplikasi <i>LearnGeoAR</i> oleh Murid: Ujian Beta.....	136
3.5	Fasa Penilaian Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	140
3.5.1	Reka Bentuk Kajian	140
3.5.2	Pemboleh Ubah Kajian	142
3.5.2(a)	Pemboleh Ubah Bebas	142
3.5.2(b)	Pemboleh Ubah Bersandar	143
3.5.3	Fasa Penilaian: Populasi dan Sampel Kajian	143
3.5.4	Fasa Penilaian: Instrumen Kajian.....	146
3.5.4(a)	Ujian Keupayaan Visualisasi Ruang (UKVR)	146
3.5.4(b)	Ujian Pencapaian Tajuk Ruang (UPTR)	147
3.5.4(c)	Soal Selidik Persepsi Murid Kumpulan Eksperimen Terhadap Penggunaan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	149
3.5.4(d)	Protokol Temu Bual Struktur Maklum Balas Guru Terhadap Penggunaan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	150

3.5.5	Fasa Penilaian: Kesahan dan Kebolehpercayaan Instrumen	150
3.5.6	Fasa Penilaian: Prosedur Pengumpulan Data.....	160
3.5.6(a)	Peringkat Pertama: Pemilihan Kumpulan Murid.....	160
3.5.6(b)	Peringkat Kedua: Pelaksanaan Ujian Pra UKVR dan Ujian Pra UPTR.....	161
3.5.6(c)	Peringkat Ketiga: Pelaksanaan Keseluruhan Kajian	162
3.5.6(d)	Peringkat Keempat: Pelaksanaan Ujian Pasca UKVR dan Ujian Pasca UPTR	163
3.5.7	Ancaman terhadap Kesahan Kajian Eksperimen	165
3.5.7(a)	Kesahan Dalam	165
3.5.7(b)	Kesahan Luar	167
3.5.8	Fasa Penilaian: Analisis Data.....	169
3.6	Rumusan.....	175
BAB 4 PEMBANGUNAN APLIKASI <i>LearnGeoAR</i>.....		176
4.1	Pengenalan	176
4.2	Pembangunan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	176
4.3	Dapatan Kajian: Fasa Analisis Keperluan.....	177
4.3.1	Temu Bual Guru Pakar Matematik	177
4.3.1(a)	Tema 1: Kepentingan Tajuk Ruang.....	179
4.3.1(b)	Tema 2: Masalah PdPc bagi Tajuk Ruang	182
4.3.1(c)	Tema 3: Strategi PdPc bagi Tajuk Ruang.....	187
4.3.1(d)	Tema 4: Cadangan Penggunaan Aplikasi AR Sebagai Bahan Bantu Mengajar Alternatif	191
4.3.2	Soal Selidik Analisis Keperluan Murid.....	194
4.3.3	Soal Selidik Analisis Keperluan Guru	199
4.4	Pembangunan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i> : Fasa Reka Bentuk dan Pembangunan	204
4.4.1	Kerangka PdPc Menggunakan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	205
4.4.2	Proses Pembangunan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	208

4.4.2(a)	Prinsip Pembangunan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	209
4.4.2(b)	Carta Alir Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	210
4.4.2(c)	Papan Cerita Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	212
4.4.2(d)	Paparan Antara Muka Menu Utama Aplikasi <i>LearnGeoAR</i> yang Dihasilkan	216
4.4.2(e)	Paparan Antara Muka Menu Pembelajaran Aplikasi <i>LearnGeoAR</i> yang Dihasilkan	218
4.4.2(f)	Paparan Antara Muka Menu Bentuk Aplikasi <i>LearnGeoAR</i> yang Dihasilkan	219
4.4.2(g)	Paparan Antara Muka Butang <i>Play</i> Aplikasi <i>LearnGeoAR</i> yang Dihasilkan	221
4.4.2(h)	Paparan Antara Muka Menu Utama Latihan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i> yang Dihasilkan	222
4.4.2(i)	Paparan Antara Muka Menu Latihan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i> yang Dihasilkan	224
4.4.2(j)	Paparan Antara Muka Laporan Jawapan Latihan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i> yang Dihasilkan.....	225
4.4.2(k)	Struktur Kandungan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	226
4.4.2(l)	Perisian Pembangunan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	227
4.5	Penilaian Prototaip Aplikasi <i>LearnGeoAR</i> oleh Pakar: Ujian Alpha	229
4.5.1	Pandangan Pakar Secara Keseluruhan	232
4.6	Penilaian Prototaip Aplikasi <i>LearnGeoAR</i> oleh Murid: Ujian Beta.....	236
4.7	Rumusan	237
BAB 5 DAPATAN KAJIAN: KEBERKESANAN APLIKASI <i>LearnGeoAR</i>..		239
5.1	Pengenalan	239
5.2	Demografi Murid.....	240
5.3	Penilaian Keberkesanan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i> Terhadap Keupayaan Visualisasi Ruang.....	241
5.3.1	Pengujian Hipotesis 1.....	241
5.3.2	Pengujian Hipotesis 2.....	243

5.3.3	Pengujian Hipotesis 3.....	246
5.3.4	Pengujian Hipotesis 4.....	249
5.4	Penilaian Keberkesanan Aplikasi Pembelajaran Realiti Terimbuh Geometri (<i>LearnGeoAR</i>) Terhadap Pencapaian Tajuk Ruang	252
5.4.1	Pengujian Hipotesis 5.....	252
5.4.2	Pengujian Hipotesis 6.....	255
5.4.3	Pengujian Hipotesis 7.....	258
5.4.4	Pengujian Hipotesis 8.....	261
5.5	Ringkasan Pengujian Hipotesis (H_0 1 hingga H_0 8).....	263
5.6	Dapatan Tahap Persepsi Murid Tahun Dua Terhadap Penggunaan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	265
5.7	Dapatan Maklum Balas Guru Berkenaan Penggunaan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i> bagi Tajuk Ruang dalam Matematik Sekolah Rendah	267
5.7.1	Tema 1: Kekuatan Penggunaan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	268
5.7.2	Tema 2: Kelemahan Penggunaan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	269
5.7.3	Tema 3: Cadangan Penambahbaikan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	271
5.8	Rumusan.....	273
BAB 6 PERBINCANGAN DAN KESIMPULAN		275
6.1	Pengenalan	275
6.2	Ringkasan Dapatan Kajian	275
6.2.1	Pembangunan Aplikasi Pembelajaran Geometri Realiti Terimbuh (<i>LearnGeoAR</i>)	276
6.2.2	Penilaian keberkesanan Aplikasi Pembelajaran Geometri Realiti Terimbuh (<i>LearnGeoAR</i>)	279
6.3	Perbincangan Dapatan Kajian	281
6.3.1	Keperluan Guru Pakar Matematik, Murid dan Guru Matematik Tahun Dua Terhadap Pembangunan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	282
6.3.1(a)	Keperluan Pembangunan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i> Berdasarkan Kepentingan Tajuk Ruang.....	282

6.3.1(b)	Keperluan Pembangunan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i> Berdasarkan Masalah PdPc bagi Tajuk Ruang.....	284
6.3.1(c)	Keperluan Pembangunan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i> Berdasarkan Strategi PdPc Guru bagi Tajuk Ruang	287
6.3.1(d)	Keperluan Pembangunan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i> Berdasarkan Cadangan Penggunaan Aplikasi AR Sebagai Bahan Bantu Mengajar Alternatif.....	288
6.3.1(e)	Keperluan Pembangunan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i> Berdasarkan Persepsi Guru Terhadap Penggunaan Aplikasi AR.....	289
6.3.1(f)	Keperluan Pembangunan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i> Berdasarkan Persepsi Guru Terhadap Ciri-Ciri Reka Bentuk Aplikasi AR	290
6.3.2	Reka Bentuk dan Pembangunan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	294
6.3.3	Keberkesanan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	297
6.3.3(a)	Keberkesanan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i> Terhadap Keupayaan Visualisasi Ruang Murid Tahun Dua bagi Tajuk Ruang	297
6.3.3(b)	Keberkesanan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i> Terhadap Pencapaian Murid Tahun Dua Bagi Tajuk Ruang.....	301
6.3.4	Persepsi Murid Terhadap Penggunaan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	304
6.3.5	Maklum Balas Guru Terhadap Penggunaan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	307
6.4	Sumbangan Kajian	310
6.5	Implikasi Kajian	311
6.5.1	Implikasi Teoritikal.....	311
6.5.2	Implikasi Terhadap Pengajaran Guru Matematik	313
6.5.3	Implikasi Terhadap Pembelajaran Murid.....	314
6.5.4	Implikasi Terhadap Penggubal Kurikulum	315
6.6	Cadangan Kajian Lanjutan	316
6.6.1	Penambahbaikan Pembangunan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	316
6.6.2	Penambahbaikan Penilaian Keberkesanan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	318

6.7	Kesimpulan.....	319
-----	-----------------	-----

SENARAI RUJUKAN	320
------------------------------	------------

LAMPIRAN

SENARAI PENERBITAN

SENARAI JADUAL

	Halaman
Jadual 1.1 Bidang Pembelajaran dan Tajuk Matematik di Sekolah Rendah.....	2
Jadual 1.2 Tahap Pencapaian Murid-Murid Malaysia dalam Domain Geometri.....	4
Jadual 2.1 Perbezaan antara KBSR dan KSSR Matematik Sekolah Rendah.....	29
Jadual 2.2 Kandungan Tajuk dalam Ruang Tahap Satu	34
Jadual 2.3 Kandungan Tajuk dalam Ruang Tahap Dua.....	36
Jadual 2.4 Kelebihan AR dalam Pendidikan.....	55
Jadual 2.5 Perbandingan Media Yang Menjadi Faktor Mempengaruhi Pembelajaran Murid dalam AR	59
Jadual 2.6 Contoh-Contoh Kajian Menggunakan AR dalam Pendidikan.....	61
Jadual 2.7 Kajian-kajian Lepas Aplikasi AR dalam Pendidikan Matematik	65
Jadual 2.8 Tahap Pemikiran Van Hiele Berserta Huraian.....	98
Jadual 2.9 Pengelasan Model-Model Reka Bentuk Pengajaran Berdasarkan Kategori	103
Jadual 2.10 Perbezaan PRP Jenis Pertama dan Jenis Kedua.....	105
Jadual 3.1 Hubungan Antara Model ADDIE dan Kajian PRP	113
Jadual 3.2 Ringkasan Pembinaan Instrumen Soal Selidik Analisis Keperluan Murid	119
Jadual 3.3 Ringkasan Pembinaan Instrumen Soal Selidik Analisis Keperluan Guru Matematik.....	119
Jadual 3.4 Skor Pakar Penilai Terhadap Setiap Konstruk Bagi Instrumen Soal Soal Selidik Murid	122
Jadual 3.5 Nilai alpha Cronbach Soal Selidik Analisis Keperluan Murid	124
Jadual 3.6 Skor Pakar Penilai Terhadap Setiap Konstruk Bagi Instrumen Soal Selidik Analisis Keperluan Guru	125

Jadual 3.7	Nilai alpha Cronbach Soal Selidik Analisis Keperluan Guru	129
Jadual 3.8	Jadual Interpretasi Min Persetujuan Analisis Keperluan Guru Matematik	130
Jadual 3.9	Kriteria Pemilihan Pakar	135
Jadual 3.10	Jadual Interpretasi Min Instrumen Penilaian Murid Melalui Ujian Beta	137
Jadual 3.11	Reka Bentuk Kajian Kumpulan Tidak Seimbang Menggunakan Ujian Pra dan Ujian Pasca	140
Jadual 3.12	Item-Item Berdasarkan Tiga Tahap Pemikiran Geometri van Hiele	147
Jadual 3.13	Jadual Spesifikasi UPTR Matematik Tahun Dua	148
Jadual 3.14	Item-Item Dalam Instrumen UPTR	149
Jadual 3.15	Skor Pakar Penilai Terhadap Setiap Item Bagi UKVR	151
Jadual 3.16	Skor Pakar Penilai Terhadap Setiap Item Bagi Instrumen UPTR	152
Jadual 3.17	Nilai Kebolehpercayaan Bagi Instrumen UKVR	154
Jadual 3.18	Nilai Kebolehpercayaan bagi Instrumen UPTR	154
Jadual 3.19	Skala Rujukan untuk Indeks Kesukaran (IK)	155
Jadual 3.20	Skala Rujukan untuk Indeks Diskriminasi (ID)	155
Jadual 3.21	Analisis Indeks Kesukaran dan Indeks Diskriminasi Bagi Instrumen UKVR	156
Jadual 3.22	Analisis Indeks Kesukaran dan Indeks Diskriminasi Bagi Instrumen UPTR	157
Jadual 3.23	Skor Pakar Penilai Terhadap Setiap Item Bagi Instrumen Soal Selidik Persepsi Murid Kumpulan Eksperimen	158
Jadual 3.24	Ringkasan Prosedur Kajian	164
Jadual 3.25	Ancaman Kesahan Dalam, Penerangan serta Kaedah Pengawalan	166
Jadual 3.26	Ancaman Kesahan Luaran, Penerangan serta Kaedah Pengawalan ...	168

Jadual 3.27	Jadual Interpretasi Min Soal Selidik Persepsi Murid.....	170
Jadual 3.28	Ringkasan Persoalan Kajian, Instrumen dan Kaedah Analisis yang Digunakan.....	171
Jadual 4.1	Demografi Guru Pakar Matematik.....	178
Jadual 4.2	Standard Kandungan dan Standard Pembelajaran bagi Tajuk Ruang.....	179
Jadual 4.3	Dapatan Analisis Keperluan Berdasarkan Demografi Murid	195
Jadual 4.4	Masalah yang Dihadapi oleh Murid dalam Bentuk 3D	197
Jadual 4.5	Masalah yang Dihadapi oleh Murid dalam Bentuk 2D	197
Jadual 4.6	Dapatan Persepsi Murid Terhadap Kaedah PdPc Bagi Tajuk Ruang.....	198
Jadual 4.7	Analisis Keperluan Berdasarkan Demografi Guru	200
Jadual 4.8	Dapatan Persepsi Guru Terhadap Penggunaan Aplikasi AR bagi Tajuk Ruang.....	202
Jadual 4.9	Dapatan Ciri-Ciri Reka Bentuk AR	203
Jadual 4.10	Elemen Sistem AR Dalam Menghasilkan Kandungan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	209
Jadual 4.11	Keterangan Fungsi Setiap Kod Petunjuk Paparan Antara Muka Menu Utama Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	217
Jadual 4.12	Keterangan Fungsi Setiap Kod Petunjuk Paparan Antara Muka Menu Pembelajaran Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	219
Jadual 4.13	Keterangan Fungsi Setiap Kod Petunjuk Paparan Antara Muka Menu Bentuk Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	220
Jadual 4.14	Keterangan Fungsi Setiap Kod Petunjuk Paparan Antara Muka Menu <i>Play</i> Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	222
Jadual 4.15	Keterangan Fungsi Setiap Kod Petunjuk Paparan Antara Muka Menu Utama Latihan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	223
Jadual 4.16	Keterangan Fungsi Setiap Kod Petunjuk Paparan Antara Muka Menu Latihan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	225

Jadual 4.17	Keterangan Fungsi Setiap Kod Petunjuk Paparan Antara Muka Laporan Jawapan Latihan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	226
Jadual 4.18	Reka Bentuk Struktur Kandungan dalam Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	227
Jadual 4.19	Demografi Pakar dan Bidang Kepakaran	230
Jadual 4.20	Hasil Penilaian Prototaip Aplikasi <i>LearnGeoAR</i> Melalui Ujian Alpha.....	231
Jadual 4.21	Maklum Balas Pakar Terhadap Prototaip Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	232
Jadual 4.22	Hasil Penilaian Prototaip Aplikasi <i>LearnGeoAR</i> Melalui Ujian Beta	236
Jadual 5.1	Demografi Murid	240
Jadual 5.2	Dapatan Ujian Shapiro-Wilk bagi Skor Ujian Pra UKVR	242
Jadual 5.3	Analisis Deskriptif Ujian Pra UKVR Kumpulan Kawalan dan Kumpulan Eksperimen	242
Jadual 5.4	Dapatan Ujian-t Sampel Bebas bagi Ujian Pra UKVR Kumpulan Kawalan dan Kumpulan Eksperimen	243
Jadual 5.5	Dapatan Ujian Shapiro-Wilk bagi Skor Ujian Pasca UKVR.....	244
Jadual 5.6	Analisis Deskriptif Ujian Pasca UKVR Kumpulan Kawalan dan Kumpulan Eksperimen	245
Jadual 5.7	Dapatan Ujian-t Sampel Bebas bagi Ujian Pasca UKVR Kumpulan Kawalan dan Kumpulan Eksperimen	245
Jadual 5.8	Dapatan Ujian Shapiro-Wilk bagi Perbezaan Skor Ujian Pra dan Ujian Pasca UKVR	247
Jadual 5.9	Analisis Deskriptif Ujian Pra dan Ujian Pasca UKVR Kumpulan Eksperimen	247
Jadual 5.10	Dapatan Ujian-t Sampel Berpasangan Ujian Pra dan Pasca UKVR Kumpulan Eksperimen	248
Jadual 5.11	Dapatan Ujian Shapiro-Wilk bagi Perbezaan Skor Ujian Pra dan Ujian Pasca Bagi Kumpulan Kawalan.....	250

Jadual 5.12	Analisis Deskriptif Ujian Pra dan Ujian Pasca UKVR Kumpulan Kawalan	250
Jadual 5.13	Dapatan Ujian- <i>t</i> Sampel Berpasangan Ujian Pra dan Pasca UKVR Kumpulan Kawalan	251
Jadual 5.14	Dapatan Ujian Shapiro-Wilk bagi Skor Ujian Pra UPTR.....	253
Jadual 5.15	Analisis Deskriptif Ujian Pra UPTR Kumpulan Kawalan dan Kumpulan Eksperimen	254
Jadual 5.16	Dapatan Ujian- <i>t</i> Sampel Bebas bagi Ujian Pra UPTR Kumpulan Kawalan dan Kumpulan Eksperimen	254
Jadual 5.17	Keputusan Ujian Shapiro-Wilk bagi Skor Ujian Pasca UPTR.....	255
Jadual 5.18	Dapatan Analisis <i>Skewness</i> dan <i>Kurtosis</i> bagi Skor Ujian Pasca UPTR Kumpulan Eksperimen	256
Jadual 5.19	Analisis Deskriptif Ujian Pasca UPTR Kumpulan Kawalan dan Kumpulan Eksperimen	257
Jadual 5.20	Dapatan Ujian- <i>t</i> Sampel Bebas bagi Ujian Pasca UPTR Kumpulan Kawalan dan Kumpulan Eksperimen	257
Jadual 5.21	Dapatan Ujian Shapiro-Wilk bagi Perbezaan Skor Ujian Pra dan Ujian Pasca UPTR	259
Jadual 5.22	Analisis Deskriptif Ujian Pra dan Ujian Pasca UPTR Kumpulan Eksperimen	259
Jadual 5.23	Dapatan Ujian- <i>t</i> Sampel Berpasangan Ujian Pra dan Ujian Pasca UPTR	260
Jadual 5.24	Dapatan Ujian Shapiro-Wilk bagi Perbezaan Skor Ujian Pra dan Ujian Pasca UPTR Kumpulan Kawalan	261
Jadual 5.25	Analisis Deskriptif Ujian Pra dan Ujian Pasca UPTR Kumpulan Kawalan	262
Jadual 5.26	Dapatan Ujian- <i>t</i> Sampel Berpasangan Ujian Pra dan Pasca UPTR Kumpulan Kawalan	262
Jadual 5.27	Ringkasan Keputusan Pengujian Hipotesis	264

Jadual 5.28	Dapatan Persepsi Murid Tahun Dua Terhadap Keberkesanan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	266
-------------	--	-----

SENARAI RAJAH

	Halaman
Rajah 2.1	Revolusi Perkembangan Kurikulum di Sekolah Rendah.....28
Rajah 2.2	<i>Reality-Virtuality Continuum</i>44
Rajah 2.3	AR Berasaskan Penanda (<i>Marker-Based AR</i>).....48
Rajah 2.4	AR tanpa penanda (<i>Markerless-Based AR</i>).....48
Rajah 2.5	AR Berasaskan Pemancaran (<i>Projection-based AR</i>)49
Rajah 2.6	AR Berasaskan Superimposisi (<i>Superimposition-Based AR</i>)49
Rajah 2.7	Tahap-Tahap Perkembangan Kognitif Tahap-Tahap Perkembangan Kognitif Kanak-Kanak92
Rajah 2.8	Model Penerimaan Teknologi.....100
Rajah 2.9	Kerangka Konseptual Kajian110
Rajah 3.1	Carta Alir Fasa Analisis Keperluan131
Rajah 3.2	Kaedah Pengiraan Kesahan Kandungan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>136
Rajah 3.3	Carta Alir Fasa Reka Bentuk dan Pembangunan.....139
Rajah 3.4	Ringkasan bagi Reka Bentuk Kajian Eksperimen Kuasi Kumpulan Kawalan dan Kumpulan Eksperimen 142
Rajah 3.5	Carta Alir Fasa Penilaian 174
Rajah 4.1	Langkah- Langkah Model ADDIE berdasarkan Fasa-Fasa dalam DDR 177
Rajah 4.2	Peta Tematik Bagi Tema Kepentingan Tajuk Ruang 181
Rajah 4.3	Peta Tematik Bagi Tema Masalah PdPc Tajuk Ruang187
Rajah 4.4	Peta Tematik Bagi Tema Strategi PdPc bagi Tajuk Ruang190
Rajah 4.5	Peta Tematik Bagi Tema Cadangan Penambahbaikan bagi Tajuk Ruang Sebagai Bahan Bantu Mengajar Alternatif193

Rajah 4.6	Kad Penanda Mewakili Bentuk 3D	207
Rajah 4.7	Carta Alir Struktur Kandungan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	211
Rajah 4.8	Papan Cerita Paparan Antara Muka Menu Utama Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	213
Rajah 4.9	Papan Cerita Paparan Antara Muka Menu Pembelajaran Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	213
Rajah 4.10	Papan Cerita Paparan Antara Muka Menu Bentuk Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	214
Rajah 4.11	Papan Cerita Paparan Antara Muka Menu Utama Latihan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	214
Rajah 4.12	Papan Cerita Paparan Antara Muka Menu <i>Play</i> Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	215
Rajah 4.13	Papan Cerita Paparan Antara Muka Menu Utama Latihan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	215
Rajah 4.14	Papan Cerita Paparan Antara Muka Menu Latihan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	216
Rajah 4.15	Paparan Antara Muka Menu Utama Aplikasi <i>LearnGeoAR</i> yang Dihasilkan	217
Rajah 4.16	Paparan Antara Muka Menu Pembelajaran Aplikasi <i>LearnGeoAR</i> yang Dihasilkan	218
Rajah 4.17	Paparan Antara Muka Menu Bentuk Aplikasi <i>LearnGeoAR</i> yang Dihasilkan	220
Rajah 4.18	Paparan Antara Muka Menu <i>Play</i> Aplikasi <i>LearnGeoAR</i> yang Dihasilkan	221
Rajah 4.19	Paparan Antara Muka Menu Utama Latihan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i> yang Dihasilkan.....	223
Rajah 4.20	Paparan Antara Muka Menu Latihan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i> yang Dihasilkan	224

Rajah 4.21	Paparan Antara Muka Laporan Jawapan Latihan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i> yang Dihasilkan.....	225
Rajah 4.22	Perisian yang Digunakan Bagi Membangunkan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	229
Rajah 4.23	Kaedah Pengiraan Kesahan Kandungan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	231
Rajah 5.1	Peta Tematik Bagi Tema Kekuatan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	269
Rajah 5.2	Peta Tematik Bagi Tema Kelemahan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	271
Rajah 5.3	Peta Tematik Bagi Tema Cadangan Penambahbaikan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>	273

SENARAI SINGKATAN

2D	Dua Dimensi
3D	Tiga Dimensi
AR	<i>Augmented Reality</i> / Realiti Terimbuh
AR SDK	Kit Pembangunan Perisian AR
AV	<i>Augmented Virtuality</i> / Maya Terimbuh
DDR/PRP	Penyelidikan Reka Bentuk dan Pembangunan
DGEs	<i>Dynamic Geometry Environments</i>
DPD	Dasar Pendidikan Digital
DSKP	Dokumen Standard Kurikulum dan Pentaksiran
FPK	Falsafah Pendidikan Kebangsaan
GPS	Sistem Kedudukan Global
GSP	<i>Geometer's Sketchpad</i>
HMD	<i>Head-Mountain Displays</i>
ICT	<i>Information and Communication Technology</i>
ID	Indeks Diskriminasi
IK	Indeks Kesukaran
IPTA	Institusi Pendidikan Tinggi Awam
IPTS	Institusi Pendidikan Tinggi Swasta
IR 4.0	Revolusi Industri 4.0
IUS	<i>Internet Usage Survey</i>
JSU	Jadual Spesifikasi Ujian
KBAT	Kemahiran Berfikir Aras Tinggi
KBSR	Kurikulum Baru Sekolah Rendah

KBSR	Kurikulum Bersepadu Sekolah Rendah
KPM	Kementerian Pendidikan Malaysia
KSSR	Kurikulum Standard Sekolah Rendah
<i>LearnGeoAR</i>	Aplikasi Pembelajaran Geometri Realiti Terimbuh
MR	<i>Mixed Reality</i> / Realiti Campuran
NCTM	<i>National Council of Teacher of Mathematics</i>
PAK-21	Pembelajaran Abad Ke-21
PBD	Pentaksiran Bilik Darjah
PdPc	Pengajaran dan Pemudahcaraan
PPPM	Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia
PPSMI	Program Pengajaran dan Pembelajaran Sains dan Matematik dalam Bahasa Inggeris
PPSR	Pelaporan dan Pentaksiran Sekolah Rendah
RPH	Rancangan Pengajaran Harian
SBAK	Sekolah Bantuan Agama Kerajaan
SK	Sekolah Kebangsaan
SKJC	Sekolah Jenis Kebangsaan Cina
SKJT	Sekolah Jenis Kebangsaan Tamil
SKMM	Suruhanjaya Komunikasi dan Multimedia Malaysia
STEM	Sains, Teknologi, Kejuruteraan dan Matematik
TAM	Model Penerimaan Teknologi
TIMSS	<i>Trends in International Mathematics and Science Study</i>
TMK	Teknologi Maklumat dan Komunikasi
UKVR	Ujian Keupayaan Visualisasi Ruang
VE	<i>Virtual Environments</i> / Persekitaran Maya

VR

Virtual Reality / Realiti Maya

SENARAI LAMPIRAN

LAMPIRAN A	Protokol Temu Bual Semi Struktur Guru Pakar
LAMPIRAN B	Instrumen Soal Selidik Analisis Keperluan Murid
LAMPIRAN C	Instrumen Soal Selidik Analisis Keperluan Guru
LAMPIRAN D	Instrumen Ujian Alpha
LAMPIRAN E	Instrumen Ujian Beta
LAMPIRAN F	Ujian Keupayaan Visualisasi Ruang (UKVR)
LAMPIRAN G	Ujian Pencapaian Tajuk Ruang (UPTR)
LAMPIRAN H	Instrumen Soal Selidik Persepsi Murid Terhadap Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>
LAMPIRAN I	Protokol Temu Bual Maklum Balas Guru Terhadap Penggunaan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>
LAMPIRAN J	Surat Kebenaran Bahagian Perancangan dan Penyelidikan Dasar Pendidikan Kementerian Pendidikan Malaysia (KPM)
LAMPIRAN K	Surat Kebenaran Sektor Sumber Manusia, Jabatan Pendidikan Negeri (JPN) Perak
LAMPIRAN L	Surat Kebenaran Pejabat Pendidikan Daerah (PPD) Kerian, Perak
LAMPIRAN M	Surat Kebenaran Jawatankuasa Etika Penyelidikan Manusia (JEPeM), Universiti Sains Malaysia (USM)
LAMPIRAN N	Dapatan Analisis Keperluan Murid Tahun Dua
LAMPIRAN O	Dapatan Analisis Keperluan Guru Matematik Tahun Dua
LAMPIRAN P	Dapatan Ujian Alpha

LAMPIRAN Q	Dapatan Ujian Beta
LAMPIRAN R	Rancangan Pengajaran Harian Kumpulan Kawalan
LAMPIRAN S	Rancangan Pengajaran Harian Kumpulan Eksperimen
LAMPIRAN T	Persepsi Murid Tahun Dua Terhadap Penggunaan Aplikasi <i>LearnGeoAR</i>

**PEMBANGUNAN DAN KEBERKESANAN APLIKASI PEMBELAJARAN
GEOMETRI REALITI TERIMBUH (*LearnGeoAR*) TERHADAP
KEUPAYAAN VISUALISASI RUANG DAN PENCAPAIAN TAJUK RUANG
DALAM KALANGAN MURID TAHUN DUA**

ABSTRAK

Pembelajaran geometri menimbulkan cabaran kepada murid sekolah rendah, memerlukan pemahaman konsep abstrak dan keupayaan visualisasi ruang. Teknologi Realiti Terimbuh (AR) merupakan salah satu penyelesaian bagi meningkatkan pemahaman konsep dengan menyediakan perwakilan visual bentuk geometri. Kajian ini bertujuan untuk membangun dan menilai keberkesanan Aplikasi Pembelajaran Geometri Realiti Terimbuh (*LearnGeoAR*) terhadap keupayaan visualisasi ruang dan pencapaian bagi tajuk Ruang dalam kalangan murid tahun dua. Reka bentuk kajian ini berdasarkan Penyelidikan Reka Bentuk dan Pembangunan (DDR), terdiri daripada tiga fasa utama: analisis keperluan, reka bentuk dan pembangunan dan penilaian. Pada fasa analisis keperluan, tiga orang guru pakar matematik memberikan pandangan persekitaran pembelajaran geometri melalui temu bual separa berstruktur dan soal selidik yang melibatkan 220 orang murid dan 52 orang guru matematik bagi mengenal pasti cabaran, persepsi tentang geometri dan ciri-ciri aplikasi AR yang dibangunkan untuk tajuk Ruang. Fasa reka bentuk dan pembangunan melibatkan tujuh orang pensyarah dan guru pakar dan 30 orang murid tahun dua melalui ujian alpha dan ujian beta bagi mendapatkan kesahan dan kebolehpercayaan aplikasi *LearnGeoAR*. Pada fasa penilaian, reka bentuk eksperimen kuasi ujian pra dan ujian pasca kumpulan tidak seimbang digunakan, melibatkan 61 orang murid tahun dua dari dua buah sekolah rendah di Daerah Kerian, Perak, terdiri daripada 31 orang murid dalam kumpulan eksperimen dan 30 orang murid dalam kawalan. Kajian ini juga mendapatkan persepsi murid berkenaan

penggunaan aplikasi *LearnGeoAR* melalui soal selidik dan maklum balas guru berkenaan keberkesanan aplikasi melalui temu bual berstruktur. Dapatan daripada fasa analisis keperluan menunjukkan terdapat keperluan untuk membangunkan aplikasi *LearnGeoAR* sebagai bahan bantu mengajar alternatif untuk menangani masalah dalam pengajaran dan pemudahcaraan (PdPc) dalam tajuk Ruang. Aplikasi ini juga dapat membantu mengukuhkan pemahaman murid berkenaan bentuk geometri, mengatasi masalah visualisasi dan meningkatkan penglibatan aktif dalam pembelajaran. Selain itu, dapatan analisis keperluan juga menekankan berkenaan strategi PdPc serta ciri-ciri reka bentuk yang diperlukan untuk membangunkan aplikasi AR dalam tajuk Ruang. Bagi fasa reka bentuk dan pembangunan, dapatan daripada pakar dan murid menunjukkan aplikasi *LearnGeoAR* selari dengan kandungan dan standard pembelajaran dalam kurikulum matematik dan mengesahkan aplikasi ini sesuai untuk diaplikasikan terhadap murid tahun dua. Dapatan fasa penilaian menunjukkan terdapat perbezaan signifikan antara skor min keupayaan visualisasi ruang dan pencapaian bagi tajuk Ruang kumpulan yang menggunakan aplikasi *LearnGeoAR* dengan skor min keupayaan visualisasi ruang dan pencapaian kumpulan yang menggunakan kaedah konvensional. Dapatan persepsi murid menunjukkan penerimaan yang baik selepas menggunakan aplikasi *LearnGeoAR* dalam pembelajaran. Manakala, dapatan temu bual guru mendedahkan bahawa pengajaran dengan menggunakan aplikasi *LearnGeoAR* adalah memudahkan dan dapat menambah baik pengajaran guru dalam tajuk Ruang. Penggunaan aplikasi *LearnGeoAR* ini menyumbang kepada bahan bantu mengajar alternatif yang sesuai dan selari dengan pendidikan pada abad ke-21 dan Revolusi Industri 4.0 dalam

meningkatkan kualiti pengajaran guru dan keberkesanan pembelajaran murid. Kajian ini juga menekankan bahawa pengaplikasian AR dalam pendidikan matematik bukan sahaja sebagai alat untuk membantu guru, tetapi juga dapat memupuk sikap positif dan menarik minat murid untuk mempelajari tajuk Ruang.

**THE DEVELOPMENT AND EFFECTIVENESS OF AUGMENTED
REALITY GEOMETRY LEARNING APPLICATION (LearnGeoAR) ON
SPATIAL VISUALIZATION ABILITY AND ACHIEVEMENT IN SPACE
TOPIC FOR YEAR TWO PUPILS**

ABSTRACT

Learning geometry poses a challenge for primary school pupils, demanding an understanding of abstract concepts and spatial visualization skills. Augmented Reality (AR) technology emerges as one of a promising solution to enhance conceptual understanding by providing visual representations of geometric shapes. This study aims to develop and evaluate the effectiveness of Augmented Reality Learning Application (LearnGeoAR) on spatial visualization ability and achievement in Space topic for year two pupils. The research design is based on Design and Development Research (DDR), comprising three main phases: need analysis, design and development and evaluation. In the need analysis phase, three expert mathematics teachers offer insights into the geometry learning environment through semi-structured interviews and questionnaire involving 220 pupils and 52 mathematics teachers which identifies challenges, perceptions about geometry and characteristics of the AR application developed for the Space topic. The design and development phase involve seven expert lecturers and teachers, along with 30 year-two pupils through alpha and beta testing to ensure the validity and reliability of the LearnGeoAR application. During the evaluation phase, a quasi-experimental pre-and post-test non-equivalent group design is employed, involving 61 year two pupils from two primary schools in Kerian District, Perak, with 31 pupils in the experimental group and 30 pupils in the control group. This study also additionally

evaluates pupils' perception of using LearnGeoAR application through a questionnaire and gathers teacher's feedback on the application's effectiveness through structured interviews. The need analysis phase reveals the necessity to develop the LearnGeoAR application as an alternative teaching aid to address problems in teaching and learning the Space topic. The application can help pupils strengthen their understanding of geometric shapes, overcome visualization problems and increase active involvement in learning. Additionally, the need analysis finding also highlights teaching and learning strategies and design features necessary for developing AR application in the Space topic. For the design and development phase, the evaluation from the experts and pupils were align with content and learning standards in the mathematics curriculum, confirming the application's suitability for year two pupils. The evaluation phase findings show significant differences between mean score of spatial visualization ability and achievement in the Space topic for the LearnGeoAR group and the group that used conventional method. Pupils' perceptions indicate good acceptance after using the LearnGeoAR application in their learning process. Teacher interviews reveal that teaching with the LearnGeoAR application facilitates and improves the teaching of the Space topic. The use of LearnGeoAR application contributes significantly as an alternative approach aligned with 21st-century education and Industrial Revolution 4.0, enhancing the quality of teacher teaching and pupils' learning effectiveness. The study also emphasizes that AR in mathematics education not only as a tool to assist teacher but also cultivates a positive attitude and attracts pupils to learn the Space topic.

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Kajian

Pendidikan matematik perlu dikuasai oleh murid-murid, terutama pada peringkat rendah. Hal ini kerana matematik merupakan mata pelajaran teras dari peringkat sekolah rendah hingga ke peringkat universiti di seluruh negara. Tambahan pula, pendidikan matematik di sekolah rendah bertujuan agar murid-murid dapat menguasai kemahiran dan konsep asas matematik (Bahagian Pembangunan Kurikulum, 2016). Murid perlu mencapai objektif pembelajaran matematik pada peringkat rendah agar mereka tidak menghadapi kesukaran dan dapat mempelajari matematik dengan lebih mendalam dan sistematik ketika melangkah ke sekolah menengah nanti.

Pembelajaran dan pemudahcaraan (PdPc) geometri merupakan salah satu bidang pembelajaran yang penting dalam matematik. Ia berkaitan dengan kajian pelbagai bentuk, sama ada bentuk dua dimensi (2D), tiga dimensi (3D) dan ciri-ciri yang terdapat pada bentuk-bentuk tersebut (Aktaş & Aktaş, 2012; Hamdi, 2018; Prabowo et al., 2017). Selain itu, kefahaman dan kemahiran asas murid dalam konsep geometri perlu dibentuk dan dikuasai sejak dari awal persekolahan (Özerem, 2012). Oleh yang demikian, pembelajaran geometri perlu dikuasai oleh murid sejak dari peringkat pra sekolah sehingga ke sekolah menengah.

Beberapa kajian lepas menunjukkan terdapat kesukaran murid dalam PdPc tajuk Geometri (Clements & Sarama 2011; Duval, 2006; Mitchelmore, 1997; Mulligan, 2011). Tambahan pula, kajian daripada Clement dan Sarama (2011) serta Boo dan

Leong (2014) turut menunjukkan bahawa murid-murid terutamanya di sekolah rendah menghadapi kesukaran dalam menguasai konsep asas geometri, penaakulan geometri dan penyelesaian masalah dalam geometri. Ini disebabkan geometri merupakan antara tajuk dalam matematik yang memerlukan kemahiran visualisasi ruang yang terdiri daripada konsep-konsep yang abstrak (Martin-Gonzalez et al. 2016) serta melibatkan kefahaman konsep bentuk 2D, 3D dan penyelesaian masalah (Bahagian Pembangunan Kurikulum, 2016).

Bagi memastikan PdPc matematik dijalankan dengan baik, Dokumen Standard Kurikulum dan Pentaksiran (DSKP) telah dirangka oleh Kementerian Pendidikan Malaysia (KPM) dalam Kurikulum Standard Sekolah Rendah (KSSR) Semakan mulai tahun 2017 dengan menetapkan empat bidang pembelajaran dan 11 tajuk yang perlu dipelajari murid dalam matematik di sekolah rendah. Jadual 1.1 menunjukkan bidang pembelajaran dan tajuk yang dipelajari murid dalam KSSR matematik sekolah rendah.

Jadual 1.1

Bidang Pembelajaran dan Tajuk Dalam KSSR Matematik Sekolah Rendah

Bidang Pembelajaran	Tajuk
Nombor dan Operasi	✓ Nombor Bulat ✓ Operasi Asas ✓ Pecahan, Perpuluhan dan Peratus ✓ Wang
Sukatan dan Geometri	✓ Masa dan Waktu ✓ Ukuran dan Sukatan ✓ Ruang
Perkaitan dan Algebra	✓ Koordinat ✓ Nisbah dan Kadar
Statistik dan Kebarangkalian	✓ Pengurusan Data ✓ Kebolehjadian

Sumber: Kurikulum Standard Sekolah Rendah (KSSR) (2017).

Dalam konteks kurikulum di Malaysia, pembelajaran geometri dimasukkan dalam tajuk Ruang di bawah bidang pembelajaran Sukatan dan Geometri. Murid-murid di sekolah rendah perlu menguasai konsep dan pengetahuan dalam tajuk Ruang

selama enam tahun. Berdasarkan kepada standard kandungan dalam tajuk Ruang, murid-murid tahap satu, yang terdiri daripada murid tahun satu hingga tahun tiga, mempelajari tajuk Ruang yang berfokus kepada bentuk 2D dan 3D, paksi simetri dan penyelesaian masalah (Bahagian Pembangunan Kurikulum, 2015, 2016, 2017). Manakala, murid tahap dua, yang terdiri daripada murid tahun empat hingga tahun enam, mempelajari tajuk Ruang yang berfokus kepada sudut, garis selari, garis serenjang, perimeter dan luas, isi padu pepejal, bulatan dan penyelesaian masalah (Bahagian Pembangunan Kurikulum, 2018, 2019, 2021). Dengan demikian, fokus pembelajaran tajuk Ruang bagi murid tahap dua adalah lebih mendalam dan meliputi konsep yang lebih kompleks berbanding dengan murid tahap satu. Sekiranya konsep-konsep asas semasa di tahap satu tidak dikuasai, akan menimbulkan cabaran kepada murid untuk mempelajari konsep-konsep yang lebih mendalam di tahap dua. Oleh itu, murid-murid pada tahap satu perlu mempunyai pengetahuan konseptual yang baik bagi memahami konsep-konsep geometri dengan lebih mendalam dan membangunkan kemahiran matematik yang lebih cekap.

Gün dan Atasoy (2017b) menyatakan keupayaan visualisasi ruang adalah elemen yang penting dan perlu diterapkan ke dalam diri murid bagi menangani masalah yang berlaku dalam pembelajaran geometri di dalam kelas. Ini juga disokong oleh Clements dan Battista (1992) serta Höffler dan Leutner (2011) yang menyatakan bahawa pembentukan visualisasi ruang memainkan peranan yang penting apabila mempelajari tajuk Geometri. Kelemahan dalam keupayaan visualisasi ruang didapati menjadi faktor utama yang menyumbang kepada kesukaran murid dalam pembelajaran geometri (Kurtulus & Yolcu, 2013; Pittalis et al., 2010). Pembentukan keupayaan visualisasi ruang terhadap pembelajaran murid dapat membantu murid bagi mengenal pasti perkaitan antara objek dan bentuk dengan lebih jelas (Al-Balushi, 2013).

Selain itu, menurut Hinze et al. (2013) dan Reilly et al. (2017), keupayaan visualisasi ruang merupakan kemahiran kognitif yang dapat memberi kesan positif dan mempengaruhi pencapaian Sains, Teknologi, Kejuruteraan dan Matematik (STEM). Pembentukan keupayaan visualisasi ruang adalah penting bagi murid seawal pendidikan rendah, terutama dalam pemilihan kerjaya dan mencapai kejayaan dalam mata pelajaran STEM pada masa hadapan (Quaiser-Pohl et al., 2014). Salah satu konsep dalam pendidikan matematik, khususnya dalam tajuk Geometri, memerlukan keupayaan visualisasi ruang yang tinggi (Stieff & Uttal, 2015). Oleh itu, pembangunan keupayaan visualisasi ruang sejak dari peringkat pendidikan rendah adalah sangat penting bagi membantu murid untuk membuat hujah matematik berkenaan hubungan geometri dan menyelesaikan masalah matematik yang melibatkan konsep geometri.

Dalam pada itu, menurut Abdul Halim Abdullah (2017), tahap pencapaian murid-murid di Malaysia bagi domain geometri dalam *Trends in International Mathematics and Science Study* (TIMSS) adalah jauh daripada tahap memuaskan. Jadual 1.2 menunjukkan tahap pencapaian murid-murid Malaysia bagi domain geometri dalam TIMSS dari tahun 2007 sehingga tahun 2019.

Jadual 1.2

Tahap Pencapaian Murid-Murid Malaysia bagi Domain Geometri

Domain/Tahun	2007	2011	2015	2019	Purata TIMSS
Geometri	474	432	455	466	500

Sumber: Bahagian Perancangan dan Penyelidikan Dasar Pendidikan KPM (2020)

Berdasarkan Jadual 1.2, pencapaian murid-murid Malaysia masih di bawah purata TIMSS yang ditetapkan iaitu 500 (Bahagian Perancangan dan Penyelidikan Dasar Pendidikan KPM, 2020). Ini menunjukkan pencapaian murid dalam domain geometri masih tidak mencapai standard yang perlu dicapai dalam TIMSS. Walaupun

laporan TIMSS berfokus kepada murid tingkatan dua di Malaysia atau gred lapan di luar negara, purata skor ini masih sederhana. Menurut Syed Abdul Hakim Syed Zainuddin dan Abdul Halim Abdullah (2023), pemahaman geometri mestilah bermula daripada murid di gred yang lebih rendah terutama murid di sekolah rendah.

Dalam pada itu, selain daripada pencapaian yang lemah murid dalam tajuk Ruang disebabkan oleh kelemahan kefahaman konseptual murid dan kelemahan visualisasi murid, antara faktor-faktor lain yang turut menyumbang kepada masalah pencapaian murid dalam tajuk Geometri adalah disebabkan oleh kaedah pengajaran yang konvensional diamalkan oleh guru dan guru kurang menjalankan aktiviti yang melibatkan murid dalam kelas (Callingham et al., 2016; Puig et al. 2021; Sutiarto & Coesamin, 2018; Wong, 2019). Oleh yang demikian, PdPc dalam tajuk Geometri perlu diberi penekanan oleh guru dengan merancang bahan bantu mengajar yang sesuai dengan keperluan murid. Ini bertujuan untuk meningkatkan pencapaian murid dalam matematik terutamanya dalam domain geometri. Antaranya, penggunaan teknologi sebagai kaedah alternatif yang dapat membantu mengatasi masalah murid dalam PdPc geometri (Đokić et al., 2022; Zrynep, 2017).

Penggunaan teknologi dalam pendidikan memainkan peranan yang penting dalam memperkembangkan sistem pendidikan di Malaysia. Ia telah membuka pelbagai peluang kepada guru dan murid untuk memperbaiki dan mempertingkatkan kualiti proses PdPc serta membolehkan akses kepada bahan pendidikan dengan lebih baik. Namun, terdapat cabaran dalam memastikan guru dan murid dapat menguasai teknologi tersebut untuk meningkatkan kualiti pendidikan setanding dengan standard pendidikan antarabangsa (Nasir Nayan et al., 2020; Siti Aminah Sallehin & Fazlinda Halim, 2018). Antaranya, penyediaan dan pembangunan bahan pembelajaran digital yang berkualiti, dinamik dan menarik untuk murid (Haleem et al., 2022; Idawarna

Hasin et al., 2023). Oleh yang demikian, Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia (PPPM) 2013-2025 telah dirangka oleh Kementerian Pendidikan Malaysia (KPM), berfokus kepada anjakan ketujuh iaitu memanfaatkan *Information Communication Technology* (ICT) atau Teknologi Maklumat dan Komunikasi (TMK). Di samping itu, Dasar Pendidikan Digital (DPD) yang dilancarkan oleh KPM pada tahun 2023 bertujuan untuk mengubah landskap pendidikan digital, melahirkan generasi yang fasih digital dan berdaya saing melalui peningkatan pengetahuan, kemahiran dan nilai murid serta guru. Ini melibatkan penyediaan infrastruktur dan kandungan berkualiti, serta penyertaan aktif rakan strategik dari prasekolah hingga lepasan menengah (Kementerian Pendidikan Malaysia, 2023). Langkah ini diharapkan dapat meningkatkan kualiti pembelajaran di Malaysia dan menjadikan pendidikan di negara ini setanding dengan standard pendidikan antarabangsa.

Penggunaan TMK dalam PdPc memainkan peranan yang penting dalam melahirkan murid yang berinformasi dan berfikiran global (Syuhada Md Samsudin & Mohd Aderi Noh, 2016). Selain itu, pengaplikasian TMK ini juga dapat mewujudkan persekitaran pembelajaran yang kondusif dan memberikan impak positif terhadap PdPc terutama dalam kalangan murid di sekolah rendah (Izwan Nurli Mat Bistaman et al., 2018). Oleh itu, pengalaman pembelajaran yang disesuaikan dengan era pendidikan digital ini dapat membantu murid memenuhi tuntutan pendidikan abad ke-21 (PAK-21) dan Revolusi Industri 4.0 (IR 4.0). Selari dengan perkembangan teknologi semasa serta PAK-21 dan IR 4.0 ini, PdPc dalam pendidikan matematik turut menerima impaknya (Mcculloch et al., 2018; Young, 2017).

Dalam konteks pendidikan matematik, penggunaan teknologi selari dengan prinsip dan standard matematik bagi membantu pembentukan kefahaman dan peningkatan pembelajaran murid dalam matematik (*National Council of Teacher of*

Mathematics [NCTM], 2000). Pelaksanaan Kurikulum Standard Sekolah Rendah (KSSR) Matematik juga turut menekankan kemahiran menggunakan teknologi bagi membentuk dan memahami konsep matematik dengan lebih mendalam serta menyelesaikan masalah (Bahagian Pembangunan Kurikulum, 2016). Tambahan pula, dengan adanya elemen nilai tambah baru dalam elemen merentas kurikulum KSSR Matematik iaitu ‘kreativiti dan inovasi’ dan ‘TMK’, dapat memberi pendedahan kepada murid mengenai pengaplikasian teknologi terkini bagi menghasilkan PdPc yang lebih menarik dan menyeronokkan serta meningkatkan kualiti pembelajaran. Hal ini jelas menunjukkan bahawa TMK merupakan satu kepentingan serta keperluan dalam pendidikan matematik.

Pengintegrasian teknologi dalam pendidikan matematik terutama dalam bidang geometri telah banyak dikaji beberapa tahun kebelakangan ini (Ball et al., 2018). Sebagai contoh, penggunaan perisian-perisian *Dynamic Geometry Environments* (DGEs) seperti *Cabri*, *GeoGebra* dan *Geometer Sketchpad* melalui penggunaan komputer dan peranti mudah alih dapat mengukuhkan kefahaman murid terhadap bentuk-bentuk geometri dalam dua dimensi (2D) dan tiga dimensi (3D). Selain itu, perisian-perisian ini juga dapat membantu murid mengatasi masalah berkaitan dengan visualisasi terhadap perubahan bentuk 3D kepada permukaan 2D (Ng et al., 2020).

Dalam pada itu, menurut İbili dan Şahin, (2015), kebanyakan kajian yang menggunakan DGEs dalam PdPc bagi tajuk Geometri dapat meningkatkan keupayaan visualisasi ruang serta pencapaian murid. Walaupun penggunaan perisian DGEs dapat membantu murid meneroka hubungan geometri dan mengukuhkan konsep geometri, tidak dinafikan bahawa kemunculan teknologi AR yang merupakan salah satu teknologi terkini dan berpotensi untuk diaplikasikan dalam pendidikan terutama bagi tajuk Geometri. Kelebihan AR berbanding perisian DGEs adalah AR

mengintegrasikan elemen dunia nyata dengan elemen digital, membolehkan visual komputer ditambahkan ke persekitaran sebenar (Cipresso et al., 2018; da Silva et al., 2019). Ini membantu murid memahami hubungan ruang yang kompleks dan konsep abstrak, serta mengembangkan kebolehan penting yang tidak dapat diperoleh dalam persekitaran pembelajaran teknologi lain. Tambahan pula, dengan peningkatan terhadap penggunaan peranti mudah alih, pembangunan teknologi AR sebagai media pengajaran mendapat perhatian di seluruh dunia (Norlund & Codes, 2019). Oleh kerana kefahaman konsep abstrak dan kemahiran visualisasi ruang merupakan elemen-elemen yang penting untuk murid terutama dalam PdPc geometri, maka penggunaan teknologi AR dapat diaplikasikan bagi menggambarkan bentuk-bentuk geometri dengan lebih jelas dan membantu meningkatkan kefahaman murid terhadap geometri.

Menurut Azuma (1997) serta Akçayır dan Akçayır (2017), teknologi AR membolehkan pengguna berinteraksi dengan objek maya yang disatukan ke dalam dunia fizikal dan muncul di ruang yang sama dalam masa nyata. Teknologi AR juga dapat diklasifikasikan sebagai teknologi yang digabungkan bersama elemen-elemen digital seperti animasi 3D, gambar dan video melalui kamera yang terdapat pada komputer dan peranti mudah alih seperti tablet, iPad, telefon pintar dan komputer riba (Li et al., 2019). Ini menjadikannya lebih mudah diakses dan kos efektif berbanding dengan teknologi lain seperti Realiti Maya (VR) dan Realiti Campuran (MR), yang memerlukan peralatan khusus yang mahal (Cevikbas et al., 2023).

Kelebihan AR dalam pendidikan dapat memberikan potensi yang besar dalam PdPc terutamanya bagi mata pelajaran yang memerlukan kemahiran visualisasi ruang dan kefahaman konsep yang abstrak (Martin-Gonzalez et al., 2016; Nor Farhah Saidin et al., 2015; Sırakaya & Sırakaya, 2020). Tambahan pula, penggunaan teknologi AR dapat menyediakan murid dengan persekitaran pembelajaran matematik yang imersif

dan membantu dalam pemahaman konsep murid terutama bagi tajuk Geometri (Nur Izza Nabila Ahmad & Syahrul Nizam Junaini, 2022).

Teknologi AR merupakan teknologi yang dapat menyediakan visualisasi 3D yang interaktif dan mewujudkan persekitaran pembelajaran matematik yang imersif. Ini dapat membantu dalam pemahaman konsep geometri dan berpotensi menyelesaikan masalah pembelajaran murid melibatkan visualisasi ruang secara lebih mendalam, terutamanya dalam meneroka bentuk 3D dari pelbagai sudut pandangan (Bujak et al., 2013; Nur Izza Nabila Ahmad & Syahrul Nizam Junaini, 2022). Walau bagaimanapun, kajian berkaitan penggunaan teknologi AR dalam pendidikan masih rendah (Shafeey et al., 2021). Dengan adanya impak positif ini, usaha untuk mengkaji penggunaan AR dengan lebih lanjut dalam PdPc matematik adalah sangat penting bagi memanfaatkan potensi teknologi ini secara maksimum.

Secara keseluruhan, penggunaan teknologi AR dalam pendidikan matematik mempunyai potensi yang besar untuk meningkatkan pengalaman pembelajaran dan pencapaian murid. Berdasarkan kajian yang dijalankan oleh Flores-Bascuñana et al. (2020), pembelajaran mengaplikasikan teknologi AR mampu meningkatkan keupayaan visualisasi ruang dan pencapaian murid. Penggunaan teknologi AR dapat memberikan visualisasi yang lebih menarik dan interaktif bagi membantu murid terutamanya memahami konsep-konsep yang abstrak dalam tajuk Ruang. Walaupun keberkesanan penggunaan teknologi AR dalam sektor pendidikan masih kurang dikaji, maka kajian-kajian lanjutan diperlukan untuk mengkaji kesan penggunaan AR dalam pendidikan merangkumi kepelbagaian aspek.

Oleh itu, bagimengatasi masalah-masalah yang dihadapi murid dalam tajuk Ruang, aplikasi *LearnGeoAR* telah dibangunkan dan dinilai keberkesanannya terhadap keupayaan visualisasi ruang dan pencapaian untuk murid tahun dua. *LearnGeoAR*

merupakan hasil gabungan perkataan *Learn* yang merujuk kepada ‘Belajar’, *Geo* yang merujuk kepada ‘Geometri’ dan *AR* yang merujuk kepada ‘*Augmented Reality*’ atau ‘Realiti Terimbuh’. Dalam kajian ini, pengkaji memberi nama aplikasi ini sebagai *LearnGeoAR* kerana aplikasi ini diaplikasikan oleh murid tahun dua melalui PdPc dalam tajuk Ruang yang merangkumi bentuk-bentuk 2D dan 3D. Pembelajaran bentuk-bentuk geometri ini menggunakan telefon pintar yang disediakan pengkaji. Selain itu, aplikasi ini boleh dimuat turun ke dalam telefon pintar melalui pautan <https://bit.ly/3n2Y62D> sebelum sesi PdPc bermula. Oleh itu, aplikasi *LearnGeoAR* yang dibangunkan ini diharapkan dapat membantu guru menyampaikan kandungan PdPc tajuk Ruang dengan lebih mudah, praktikal di samping mengurangkan beban guru dalam penyediaan bahan bantu mengajar. Dengan menggunakan aplikasi *LearnGeoAR* ini juga dapat membantu murid meningkatkan keupayaan visualisasi ruang dan pencapaian dalam tajuk Ruang.

1.2 Pernyataan Masalah

Geometri merupakan satu cabang yang penting dalam matematik dan berkait rapat dengan bentuk dan ruang. Dalam pada itu, geometri juga penting dalam membangunkan kemahiran berfikir murid dan kemahiran menyelesaikan masalah (Abdul Halim & Effandi Zakaria, 2019). Walau bagaimanapun, geometri merupakan antara tajuk yang sukar untuk murid di peringkat rendah mahupun peringkat menengah (Hamdi, 2018; Ping & Hua, 2016; Puig & Rodríguez, 2022).

Kajian-kajian lepas menunjukkan masih terdapat salah faham yang dihadapi murid dalam menyelesaikan soalan berkenaan geometri (Eryilmaz, 2002; Luneta & Makonye, 2010; Mackle, 2016). Kesukaran dan salah faham yang berlaku dalam kalangan murid bagi tajuk Geometri adalah disebabkan kurangnya kemahiran asas

dalam matematik di mana kebanyakan kesalahan yang dilakukan merupakan kesilapan oleh murid sendiri (Luneta & Makonye, 2010; Özerem, 2012). Oleh itu, salah faham murid dalam tajuk Geometri perlu diberi perhatian bagi menangani punca dan jenis kesalahan yang dilakukan oleh murid.

Mackle (2016) dan Özerem (2012) dalam kajiannya menyatakan terdapat tiga kesukaran yang dihadapi murid dalam tajuk Geometri iaitu: (i) masalah dalam mengingat nama bentuk geometri, (ii) memahami ciri-ciri bentuk geometri dan (iii) mengenal pasti bentuk asal geometri berdasarkan bentangan. Selain itu, kajian kes di Malaysia yang dijalankan oleh Hartini Ismail et al. (2020) terhadap 40 orang murid tahun dua sekolah rendah mendapati terdapat enam jenis kesukaran yang dihadapi murid dalam tajuk Ruang iaitu: (i) mengenal jenis bentuk 2D dan 3D, (ii) melukis bentuk-bentuk 2D dan 3D, (iii) mengira bilangan sisi bentuk 2D dan 3D, (iv) mengenal pasti sisi lurus, sisi melengkung serta bilangan permukaan bentuk 2D dan 3D, (v) melukis bentangan bentuk 3D dan (vi) menggabungkan bentuk-bentuk 2D kepada bentangan.

Sementara itu, kajian Hartini Ismail et al. (2020) juga turut menghuraikan faktor-faktor yang menyebabkan kesukaran dalam mempelajari tajuk Ruang dalam kalangan murid tahun dua. Terdapat 21% murid menghadapi kelemahan dalam kemahiran visualisasi diikuti 20% murid tidak tahu cara melukis bentangan bentuk 3D. Selain itu, 19% daripadanya menyumbang kepada kelemahan untuk memahami gabungan bentuk-bentuk 2D ke dalam bentangan sementara 13% merupakan kesukaran dalam melukis bentuk 2D dan 3D. Manakala 11% menunjukkan bahawa ketidakmampuan murid untuk menguasai konsep asas geometri adalah faktor penyumbang menyebabkan ketidakupayaan untuk mengenal pasti bentuk 2D dan 3D.

Sementara itu, sebanyak 9% responden menghadapi kesukaran untuk mengenal pasti garis lurus dan melengkung dan jumlah permukaan bentuk manakala 7% lagi menjawab bahawa mereka tidak tahu bagaimana mengira tepi bentuk 2D dan 3D. Daripada dapatan yang dinyatakan jelas menunjukkan faktor utama yang menyumbang kepada kesukaran dalam mempelajari tajuk Ruang adalah kemahiran visualisasi dan pengetahuan asas dalam geometri (Aditya Wisnugraha Sugiyato et al., 2018; Kaufmann, 2011). Ini disebabkan oleh terdapat konsep yang abstrak dan maklumat yang sukar difahami murid dalam tajuk ini.

Geometri merupakan antara tajuk yang memerlukan kemahiran visualisasi ruang kerana terdiri daripada konsep yang abstrak (Martin-Gonzalez et al. 2016) serta melibatkan kefahaman terhadap bentuk dua dimensi, tiga dimensi dan penyelesaian masalah. Oleh itu, murid perlu menguasai kefahaman konsep geometri dengan lebih jelas untuk dipraktikkan dalam PdPc. Selain itu, terdapat hubungan antara geometri dengan keupayaan visualisasi ruang (Zrynep, 2017). Hubungan antara keupayaan visualisasi ruang dan pencapaian dalam geometri banyak dikaji oleh pengkaji sebelum ini. Menurut Battista et al. (1982) Sorby (1999), Tzuriel dan Egozi, (2010), Cheng dan Mix (2014) dan Newman et al. (2016), keupayaan visualisasi ruang dapat ditingkatkan melalui latihan. Oleh itu, keupayaan visualisasi ruang ini sewajarnya dibentuk seawal sekolah rendah kerana ianya merupakan kemahiran utama dalam memahami konsep yang abstrak. Namun, guru-guru sering mengabaikan kemahiran ini (Hegarty, 2014) serta kurang diberi penekanan dalam persekitaran pembelajaran berbanding dengan kebolehan kognitif yang lain terutama pada murid di sekolah rendah (Gilligan et al., 2017).

Di samping itu, Ahmad Rafi et al. (2008), Dayana Farzeeha Ali et al. (2012) dan Merchant et al. (2013) turut menyatakan kebanyakan murid masih mempunyai kemahiran visualisasi ruang yang lemah dalam geometri. Kemahiran visualisasi ruang yang lemah akan mempengaruhi pencapaian murid dalam geometri (Kmetová & Nagyová Lehooká, 2021). Manakala Marchis (2012) pula berpendapat murid sering menghadapi konflik antara proses imaginasi dan visualisasi terhadap bentuk geometri. Dalam pada itu, Berna (2014) serta Gunčaga dan Žilková (2019) juga mendapati kemahiran visualisasi yang rendah merupakan faktor utama mempengaruhi kefahaman konsep geometri untuk murid-murid di sekolah rendah.

Masalah dalam visualisasi ini juga turut disokong oleh İbili et al. (2019) serta Syed Abdul Hakim Syed Zainuddin dan Abdul Halim Abdullah (2023) yang menyatakan kemahiran visualisasi terhadap bentangan bentuk 3D dan ciri-ciri bentuk geometri merupakan kemahiran sangat penting bagi tajuk ini. Visualisasi terhadap bentuk-bentuk asas merupakan domain yang terkandung dalam kurikulum matematik (Kementerian Pendidikan Malaysia, 2018). Oleh itu, murid pada tahap ini sepatutnya dapat menguasai ciri-ciri bentuk, mengenali dan menamakan bentuk 2D dan 3D, akan tetapi kebanyakan murid tidak dapat melihat hubungan yang signifikan antara bentuk-bentuk yang dipelajari untuk menggambarkan bentuk-bentuk geometri (Pavlovičová & Švecová, 2015). Oleh yang demikian, penggunaan media pembelajaran secara visual dapat membantu masalah visualisasi yang dihadapi murid serta akan menjadi lebih bermakna dalam pembelajaran (Aditya Wisnugraha Sugiyato., 2018; Özerem, 2012).

Selain itu, antara permasalahan yang dihadapi oleh murid dalam konsep dan penyelesaian masalah tajuk geometri adalah disebabkan oleh pengajaran konvensional berpusatkan guru yang masih diamalkan semasa PdPc di dalam kelas (Callingham et

al., 2016; Wong, 2019). Kebanyakan guru menerangkan bentuk-bentuk geometri terutama bentuk-bentuk 3D berdasarkan lukisan pada papan putih, gambar statik yang terdapat dalam buku, penggunaan bahan maujud dan penerangan secara verbal kepada murid (İbili et al. 2019; Nunesl et al. 2018; Nur Hana Kamarudin et al., 2022). Pembelajaran seperti ini akan menyebabkan pembelajaran murid menjadi lebih pasif kerana tidak berlaku interaksi dua hala antara guru dengan murid serta pembelajaran murid adalah lebih tertumpu kepada penerangan guru tanpa memberi peluang kepada murid untuk menjana idea-idea mereka semasa pembelajaran berlangsung (Abdelfatah, 2011 & Li, 2016). Dalam pada itu, kajian Mohd Suhaimi Omar et al. (2017) menunjukkan kelengkapan bahan bantu mengajar (BBM) berbentuk maujud yang terhad di sekolah dan beban kerja guru yang terlalu banyak menyebabkan mereka tidak dapat menyediakan BBM di dalam kelas sepenuhnya.

Pembelajaran geometri memerlukan pendekatan pedagogi yang kukuh di samping pengetahuan yang mendalam dalam memberikan persekitaran pembelajaran yang menyeronokkan (Serin, 2018). Tambahan pula, tanggung jawab guru dalam PdPc adalah membimbing murid-murid untuk memahami dan merangsang pemikiran mereka daripada memaksa murid untuk berfikir di luar jangkaan mereka. Ini dibuktikan lagi melalui PdPc dalam tajuk Geometri menggunakan pengajaran konvensional menghasilkan murid yang gagal dalam teknik penyelesaian masalah apabila terdapat salah faham dalam konsep matematik semasa proses pembelajaran di dalam kelas (İbili et al., 2019). Mutia Fonna dan Mursalin (2018) juga turut menyatakan antara penyumbang kepada kesukaran murid dalam memahami tajuk Ruang adalah pengaplikasian kaedah pengajaran secara konvensional.

Keberkesanan media pembelajaran atau produk yang dibangunkan dalam pembelajaran juga perlu mengambil kira kepada persepsi murid dan maklum balas guru yang menggunakannya. Ini kerana persepsi dan maklum balas yang diberikan oleh murid dan guru berupaya memberikan maklumat tambahan berkenaan penilaian keberkesanan produk yang diberikan dan dapat memberikan sumbangan kepada pembelajaran dari segi kandungan dan hasil pembelajaran terhadap murid dan guru (Salem et al., 2020; Sekarini, 2019). Menurut Sekarini (2019) dan Hastuti et al. (2021), persepsi positif yang diperoleh daripada murid dapat meningkatkan motivasi dan minat dalam PdPc. Sebaliknya, persepsi yang negatif mengakibatkan murid kurang bermotivasi dan kurang berminat untuk melibatkan diri dalam PdPc. Persepsi murid yang negatif boleh menjejaskan hasil pembelajaran murid semasa PdPc dilaksanakan (Moh Djazari & Zulfa Ainun Naim, 2019). Oleh itu, persepsi murid dan maklum balas guru perlu diambil kira bagi mendapatkan maklum balas terhadap media pembelajaran yang dibangunkan.

Kepesatan teknologi dalam pendidikan dapat mewujudkan kepelbagaian dalam persekitaran pembelajaran. Dalam pada itu, penggunaan teknologi adalah antara budaya pembelajaran terkini dan dapat memberikan fokus terhadap kefahaman konseptual murid dalam sesuatu pembelajaran (Rocha, 2020). Proses pembelajaran berasaskan teknologi diperlukan bagi memberi peluang dan pengalaman yang lebih bermakna kepada murid dalam meneroka ilmu di ‘mana-mana’ dan pada ‘bila-bila masa’. Berdasarkan kepada masalah-masalah dalam tajuk geometri yang dinyatakan, maka penggunaan teknologi seperti AR sebagai bahan bantu mengajar dapat memberi peluang untuk meningkatkan kefahaman murid terhadap tajuk geometri.

1.3 Objektif Kajian

Kajian ini bertujuan untuk mereka bentuk dan membangunkan aplikasi AR dalam tajuk Ruang yang dikenali sebagai *LearnGeoAR* dan menilai keberkesanannya terhadap keupayaan visualisasi ruang dan pencapaian dalam kalangan murid tahun dua. Secara spesifik, objektif kajian bagi kajian ini adalah seperti berikut.

1. Mengenal pasti keperluan pembangunan aplikasi pembelajaran Geometri Realiti Terimbuh (*LearnGeoAR*) bagi tajuk Ruang.
2. Mereka bentuk dan membangunkan aplikasi pembelajaran Geometri Realiti Terimbuh (*LearnGeoAR*) bagi tajuk Ruang.
3. Menilai kesan penggunaan aplikasi pembelajaran Geometri Realiti Terimbuh (*LearnGeoAR*) terhadap keupayaan visualisasi ruang murid tahun dua bagi tajuk Ruang menerusi perbandingan dengan kaedah konvensional.
4. Menilai kesan penggunaan aplikasi pembelajaran Geometri Realiti Terimbuh (*LearnGeoAR*) terhadap pencapaian murid tahun dua bagi tajuk Ruang menerusi perbandingan dengan kaedah konvensional.
5. Mengenal pasti tahap persepsi murid tahun dua terhadap penggunaan aplikasi pembelajaran Geometri Realiti Terimbuh (*LearnGeoAR*) bagi tajuk Ruang.
6. Mendapatkan maklum balas guru berkenaan kekuatan, kelemahan dan cadangan penambahbaikan penggunaan aplikasi pembelajaran Geometri Realiti Terimbuh (*LearnGeoAR*) bagi tajuk Ruang.

1.4 Persoalan Kajian

Berdasarkan kepada objektif kajian, persoalan kajian yang perlu dijawab adalah seperti berikut.

1. Apakah terdapat keperluan pembangunan aplikasi pembelajaran Geometri Realiti Terimbuh (*LearnGeoAR*) bagi tajuk Ruang?
2. Bagaimanakah aplikasi pembelajaran Geometri Realiti Terimbuh (*LearnGeoAR*) bagi tajuk Ruang direka bentuk dan dibangunkan?
3. Apakah terdapat kesan penggunaan aplikasi pembelajaran Geometri Realiti Terimbuh (*LearnGeoAR*) terhadap keupayaan visualisasi ruang murid tahun dua bagi tajuk Ruang menerusi perbandingan dengan kaedah konvensional?
4. Apakah terdapat kesan penggunaan aplikasi pembelajaran Geometri Realiti Terimbuh (*LearnGeoAR*) terhadap pencapaian murid tahun dua bagi tajuk Ruang menerusi perbandingan dengan kaedah konvensional?
5. Apakah tahap persepsi murid tahun dua terhadap penggunaan aplikasi pembelajaran Geometri Realiti Terimbuh (*LearnGeoAR*) bagi tajuk Ruang?
6. Apakah maklum balas guru berkenaan kekuatan, kelemahan dan cadangan penambahbaikan penggunaan aplikasi pembelajaran Geometri Realiti Terimbuh (*LearnGeoAR*) bagi tajuk Ruang?

1.5 Hipotesis Kajian

Dalam kajian ini, hanya objektif ketiga dan objektif keempat yang mempunyai hipotesis kajian. Hipotesis kajian bagi objektif ketiga adalah seperti berikut.

H₀₁: Tidak terdapat perbezaan yang signifikan antara skor min ujian pra keupayaan visualisasi ruang kumpulan yang menggunakan aplikasi pembelajaran Geometri Realiti Terimbuh (*LearnGeoAR*) dengan skor min ujian pra keupayaan visualisasi ruang kumpulan yang menggunakan kaedah konvensional.

H₀₂: Tidak terdapat perbezaan yang signifikan antara skor min ujian pasca keupayaan visualisasi ruang kumpulan yang menggunakan aplikasi pembelajaran Geometri

Realiti Terimbuh (*LearnGeoAR*) dengan skor min ujian pasca keupayaan visualisasi ruang kumpulan yang menggunakan kaedah konvensional.

H₀₃: Tidak terdapat perbezaan yang signifikan antara skor min ujian pra dengan ujian pasca keupayaan visualisasi ruang kumpulan yang menggunakan aplikasi pembelajaran Geometri Realiti Terimbuh (*LearnGeoAR*).

H₀₄: Tidak terdapat perbezaan yang signifikan antara skor min ujian pra dengan ujian pasca keupayaan visualisasi ruang kumpulan yang menggunakan kaedah konvensional.

Manakala, hipotesis kajian bagi objektif keempat adalah seperti berikut.

H₀₅: Tidak terdapat perbezaan yang signifikan antara skor min ujian pra pencapaian tajuk Ruang kumpulan yang menggunakan aplikasi pembelajaran aplikasi pembelajaran Geometri Realiti Terimbuh (*LearnGeoAR*) dengan skor min ujian pra pencapaian tajuk Ruang kumpulan yang menggunakan kaedah konvensional.

H₀₆: Tidak terdapat perbezaan yang signifikan antara skor min ujian pasca pencapaian tajuk Ruang kumpulan yang menggunakan aplikasi pembelajaran Geometri Realiti Terimbuh (*LearnGeoAR*) dengan skor min ujian pasca pencapaian tajuk Ruang kumpulan yang menggunakan kaedah konvensional.

H₀₇: Tidak terdapat perbezaan yang signifikan antara skor min ujian pra dengan ujian pasca pencapaian tajuk Ruang kumpulan yang menggunakan aplikasi pembelajaran Geometri Realiti Terimbuh (*LearnGeoAR*).

H₀₈: Tidak terdapat perbezaan yang signifikan antara skor min ujian pra dengan ujian pasca pencapaian tajuk Ruang kumpulan yang menggunakan kaedah konvensional.

1.6 Kepentingan Kajian

Kajian ini dijalankan adalah untuk membangunkan aplikasi *LearnGeoAR* menggunakan aplikasi telefon pintar dengan mengaplikasikan teknologi AR bagi tajuk Ruang dan seterusnya menilai keberkesanannya terhadap murid tahun dua di sekolah rendah. Hasil kajian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai rujukan oleh pihak-pihak tertentu agar ianya dapat memberikan impak dan cadangan yang boleh dijadikan perkongsian idea kepada murid, guru dan Kementerian Pendidikan Malaysia (KPM). Kepentingan kajian kepada murid, guru dan KPM dihuraikan seperti berikut.

1.6.1 Murid

Penggunaan teknologi terkini seperti aplikasi *LearnGeoAR* dalam PdPc matematik memberi peluang kepada murid untuk meneroka dimensi pembelajaran yang baru. Murid juga dapat mewujudkan pembelajaran di luar bilik darjah setelah sesi persekolahan dengan menggunakan telefon pintar. Ini dapat mencipta suasana pembelajaran yang berorientasikan teknologi, membantu meningkatkan minat murid dalam matematik serta meningkatkan keupayaan visualisasi ruang dan pencapaian dalam tajuk Ruang. Suasana pembelajaran yang menggunakan teknologi terkini dapat memberikan pengalaman pembelajaran yang lebih bermakna kepada murid berbanding pendekatan pembelajaran konvensional sebelum ini. Pembelajaran secara sendiri juga boleh dilakukan melalui aktiviti-aktiviti yang disokong oleh teknologi terkini dalam tajuk ini. Selain itu, penggunaan aplikasi *LearnGeoAR* dapat menyediakan pembelajaran autentik yang menghubungkan pembelajaran dengan dunia sebenar. Penggunaan aplikasi *LearnGeoAR* ini juga dapat mengurangkan kebergantungan murid hanya pada buku teks, yang boleh membantu mereka memahami isi pelajaran dengan lebih baik daripada sekadar menghafal.

1.6.2 Guru

Kajian ini juga diharap dapat memberi kesedaran kepada guru tentang kepentingan menggunakan bahan bantu mengajar ke arah PAK-21 dan IR 4.0 yang menerapkan aplikasi *LearnGeoAR* dalam penggunaan teknologi terkini. Guru boleh menggalakkan murid meneroka sesuatu tajuk baru melalui kaedah ini sebelum PdPc bermula. Selain itu, dengan adanya pelbagai peranti telefon pintar yang canggih, guru dapat menggunakan aplikasi AR atau aplikasi pendidikan lain untuk mempelbagaikan kaedah PdPc yang lebih menarik dan berpusatkan murid. Tambahan pula, aplikasi *LearnGeoAR* juga dapat membantu guru untuk memudahkan PdPc mereka apabila menerangkan konsep bagi tajuk Ruang terutama dalam menerangkan bentuk-bentuk geometri dalam pelbagai sudut pandangan, ciri-ciri bentuk geometri, bentangan bentuk 3D ke dalam bentuk visual 2D berbanding penggunaan secara visual statik atau verbal sahaja.

1.6.3 Kementerian Pendidikan Malaysia

Kajian ini dapat memberikan impak positif kepada Kementerian Pendidikan Malaysia (KPM) dalam menerapkan konsep Industri 4.0 serta PAK-21 yang menggalakkan penggunaan teknologi terkini dalam pendidikan, termasuk penyelarasan kurikulum ke arah standard antarabangsa. Penggunaan teknologi AR dalam pendidikan telah diperkenalkan secara meluas di peringkat global. Namun, hasil kajian terdahulu menunjukkan bahawa penggunaan teknologi AR dalam pendidikan matematik masih kurang dikaji terutama dalam persekitaran sekolah rendah (Chen, 2019; Demitriadou et al. 2019; Hanafi et al., 2019; Reza Andrea et al., 2019; Rossano et al., 2020; Yousef, 2021; Zynep & Delialioglu, 2019). Oleh itu, penggunaan teknologi AR perlu dipertimbangkan secara meluas di kalangan pendidik di Malaysia

untuk memperluaskan lagi penggunaan kaedah PdPc yang mengintegrasikan teknologi terkini. Selain itu, pengintegrasian teknologi AR dalam PdPc perlu diterapkan ke dalam kurikulum pendidikan terkini yang membolehkan murid belajar dan mendalami kandungan pembelajaran dengan lebih efektif serta membolehkan diakses pada bila-bila masa.

1.7 Batasan Kajian

Batasan kajian digariskan dalam kajian bagi mengelak sebarang ralat dan kekeliruan. Dalam kajian ini, beberapa aspek dalam batasan telah digariskan dengan mengambil kira faktor masa dan faktor kemampuan yang terhad dalam menjalankan sesuatu kajian yang luas konteksnya.

Bagi aspek sampel, pemilihan responden dalam kajian ini terhad kepada murid-murid tahun dua tanpa mengira jantina yang mempelajari mata pelajaran matematik di dua buah Sekolah Kebangsaan (SK) di Daerah Kerian, Perak. Oleh itu, kajian ini tidak boleh digeneralisasikan kepada keseluruhan populasi murid tahun dua sekolah rendah di Malaysia. Di samping itu, kajian ini juga tidak mengambil kira faktor minat, motivasi dan sikap murid terhadap tajuk Ruang yang dikaji di mana faktor-faktor ini juga berkemungkinan mempengaruhi hasil kajian. Dalam pada itu, kajian ini juga tidak mengambil kira penguasaan kemahiran teknologi maklumat dalam kalangan murid yang mungkin mempengaruhi hasil kajian. Seterusnya, bagi aspek pemilihan tajuk dalam matematik, kajian ini hanya memfokuskan kepada tajuk Ruang tahun dua dalam bidang Sukatan dan Geometri sahaja serta tidak boleh digeneralisasikan kepada semua tajuk yang terkandung dalam sukatan mata pelajaran matematik.

Bagi aspek penggunaan teknologi AR sebagai intervensi kepada murid-murid, objek 3D sahaja yang digunakan sebagai objek maya. Tambahan lagi, untuk

meningkatkan kadar imersif murid terhadap objek maya yang dihasilkan, penggunaan *Head Mounted Displays* (HMD) perlu digunakan. Oleh kerana HMD merupakan peralatan yang mahal, maka kajian ini menggunakan peranti telefon pintar sebagai peralatan alternatif semasa PdPc tajuk Ruang. Manakala bagi aspek lokasi kajian pula, jaringan internet di sekolah diperlukan untuk memuat naik aplikasi *LearnGeoAR* bagi memastikan PdPc menggunakan aplikasi *LearnGeoAR* ini dapat beroperasi dengan lancar.

1.8 Definisi Operasional

Definisi operasional dalam kajian ini melibatkan tiga aspek iaitu Realiti Terimbuh (AR), keupayaan visualisasi ruang dan pencapaian tajuk Ruang. Berikut merupakan istilah-istilah yang perlu diberikan takrifan untuk memudahkan kefahaman dalam konteks kajian ini.

1.8.1 Realiti Terimbuh (AR)

AR didefinisikan sebagai teknologi yang membolehkan objek maya dilihat dalam persekitaran yang sama dengan dunia nyata (Azuma et al., 2001). Elemen maya yang dihasilkan oleh kamera dalam peranti mudah alih merangkumi teks, video, imej 2D dan objek 3D. Selain itu, AR merupakan teknologi yang terkini yang mengandungi pelbagai ciri-ciri multimedia yang boleh diterapkan ke dalam proses PdPc di dalam kelas (Lampropoulos et al., 2020). Elemen maya yang dihasilkan oleh kamera dalam peranti mudah alih merangkumi teks, video, imej 2D dan objek 3D. Dalam kajian ini, AR merujuk kepada sebuah aplikasi interaktif yang diintegrasikan dengan teknologi AR yang dapat menjanakan animasi objek maya (bentuk geometri) secara 3D di atas kad penanda AR. Perisian yang digunakan dalam membangunkan aplikasi *LearnGeoAR* adalah perisian *Unity Game Engine*,

Vuforia, *Audacity* dan *3ds Max*. Reka bentuk yang digunakan dalam membangunkan aplikasi *LearnGeoAR* adalah berdasarkan kepada model ADDIE.

1.8.2 Keupayaan Visualisasi Ruang

Keupayaan visualisasi ruang adalah merujuk kepada kebolehan seseorang untuk berfikir dalam 2D dan 3D, membina, memanipulasi, mentafsir imej, bentuk, corak atau objek dalam fikiran (Frick, 2019; Sorby, 1999). Dalam kajian ini, keupayaan visualisasi ruang murid diuji menggunakan Ujian Keupayaan Visualisasi Ruang (UKVR) berdasarkan tiga tahap pemikiran geometri dalam teori Van Hiele iaitu tahap visualisasi, tahap analisis dan tahap deduksi formal berdasarkan kepada standard kandungan dalam KSSR Matematik Tahun Dua bagi tajuk Ruang. Tahap keupayaan visualisasi ruang murid dikenal pasti melalui tiga aspek iaitu (i) mengenal pasti kepelbagaian bentuk bagi tajuk Ruang, (ii) mengenal pasti ciri-ciri bentuk yang berbeza serta mengenali transformasi bentuk 3D ke bentuk 2D dan (iii) membina hubungan antara bentuk melalui reka bentuk model 3D dan objek 2D serta dapat menjelaskan penggunaan pelbagai bentuk.

1.8.3 Pencapaian Tajuk Ruang

Pencapaian merupakan suatu ujian yang direka bentuk untuk mengukur tahap pembelajaran murid setelah didedahkan kepada pengalaman pembelajaran tertentu (Johnson & Christensen, 2014; Popham, 2005). Dalam kajian ini, pencapaian merujuk kepada skor prestasi yang diperoleh oleh murid sebelum dan selepas menggunakan aplikasi *LearnGeoAR* dan kaedah konvensional melalui Ujian Pencapaian Tajuk Ruang (UPTR).

1.9 Rumusan

Secara keseluruhannya, bab ini menghuraikan mengenai latar belakang kajian ini yang memberikan gambaran awal berkenaan PdPc tajuk Ruang dan pengaplikasian aplikasi *LearnGeoAR* bagi membantu murid mempelajari tajuk Ruang dalam matematik. Seterusnya, bab ini juga menggariskan masalah yang berlaku dalam tajuk Ruang, menyatakan objektif yang ingin dicapai dan persoalan kajian yang perlu dijawab. Selain itu, turut dibincangkan juga adalah mengenai kepentingan kajian terhadap murid, guru dan KPM serta batasan kajian bagi aspek sampel kajian, penggunaan teknologi AR sebagai intervensi kepada murid-murid dan aspek lokasi kajian. Pada bahagian terakhir dalam bab pendahuluan, definisi operasional yang digunakan turut disenaraikan bagi meningkatkan lagi kefahaman berkenaan kajian yang dijalankan oleh pengkaji.