

**KEBERKESANAN STEM METAVERSE DALAM
MENINGKATKAN KEFAHAMAN KONSEP
ASID, BES DAN GARAM DAN MINAT
KERJAYA STEM DALAM KALANGAN
PELAJAR TINGKATAN EMPAT**

MOHD SAHARIZAL BIN MOHD BAHARUDDIN

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

2024

**KEBERKESANAN STEM METAVERSE DALAM
MENINGKATKAN KEFAHAMAN KONSEP
ASID, BES DAN GARAM DAN MINAT
KERJAYA STEM DALAM KALANGAN
PELAJAR TINGKATAN EMPAT**

oleh

MOHD SAHARIZAL BIN MOHD BAHARUDDIN

**Tesis yang diserahkan untuk
memenuhi keperluan bagi
Ijazah Sarjana Sastera**

Mei 2024

PENGHARGAAN

Segala puji bagi Allah S.W.T yang Maha Pemurah lagi Mengasihani. Bersyukur ke hadrat Ilahi kerana dengan limpah kurniaan-Nya diberikan kekuatan untuk menyediakan penulisan ilmiah ini.

Pertama sekali, saya merakamkan ucapan terima kasih kepada pihak Kementerian Pendidikan Malaysia yang memberikan biasiswa untuk menaja pengajian saya pada peringkat sarjana.

Seterusnya, saya ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan terima kasih yang tidak terhingga kepada penyelia dan pembimbing penyelidikan sarjana ini, Profesor Dr Mageswary A/P Karpudewan yang telah banyak memberi panduan dan dorongan yang berterusan sepanjang tempoh penyelidikan tesis ini. Dengan segala tunjuk ajar, bimbingan, nasihat, dan tegurannya sehingga dapat menyiapkan penulisan ilmiah ini. Perjalanan ini bertambah indah dengan dorongan dan motivasi daripada penyelia untuk menulis artikel. Segala pengorbanannya amat dihargai dan dikenang serta menjadi sumber inspirasi untuk terus melangkah ke hadapan.

Sekalung penghargaan buat insan-insan yang sangat bermakna dalam hidup ini di atas kasih sayang, pengorbanan dan ruang yang diberikan sepanjang perjalanan sarjana ini. Khas buat emak, isteri dan anak-anak tersayang di atas segala doa, restu, dan pengorbanan yang diberikan. Segala pahit manis sepanjang perjalanan ini akan di kenang hingga ke akhir hayat. Tidak lupa juga buat semua pelajar-pelajar yang terlibat dalam kajian ini semoga menjadi pemangkin kepada mereka untuk lebih berjaya dalam mengejar cita-cita.

Akhir sekali, penghargaan ini juga ditujukan kepada semua rakan-rakan yang terlibat sama ada secara langsung atau tidak langsung dalam membantu menyiapkan tesis sarjana ini.

SENARAI KANDUNGAN

PENGHARGAAN	ii
SENARAI KANDUNGAN	iv
SENARAI JADUAL	ix
SENARAI RAJAH.....	xi
SENARAI SINGKATAN	xii
SENARAI LAMPIRAN.....	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvii
BAB 1 PENGENALAN	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Latar Belakang Kajian	4
1.3 Pernyataan Masalah	16
1.4 Objektif Kajian.....	21
1.5 Persoalan Kajian	23
1.6 Hipotesis	25
1.7 Batasan Kajian	27
1.8 Kepentingan Kajian	29
1.8.1 Kepentingan terhadap pelajar	30
1.8.2 Kepentingan terhadap guru	31
1.8.3 Sumbangan kepada penggubal dasar	32
1.8.4 Sumbangan kepada teori	32
1.8.5 Sumbangan kepada penyelidikan.....	33
1.9 Definisi Secara Operasi.....	34
1.9.1 Asid Bes Dan Garam	34
1.9.2 Kefahaman Asid Bes Dan Garam	34

1.9.3	Minat Kerjaya	35
1.9.4	STEM	36
1.9.5	Trans Disiplinari	37
1.9.6	Trans Disiplinari STEM Digital.....	37
1.9.7	Metaverse	38
1.9.8	Pendekatan STEM <i>Metaverse</i>	38
1.9.9	Pendekatan Slaid PowerPoint	39
1.10	Kesimpulan	39
BAB 2	SOROTAN KAJIAN	40
2.1	Pendahuluan.....	40
2.2	STEM Bersepadu	40
2.3	Perspektif kepada pendekatan Disiplinari dalam STEM Bersepadu	44
2.4	Perkembangan Pendidikan STEM di Luar Negara	46
2.5	Perkembangan Pendidikan STEM di Dalam Negara	52
2.6	Pendekatan Pendidikan STEM dan impak dalam bidang kimia	58
2.7	Metaverse	63
2.7.1	Definisi Metaverse	63
2.7.2	STEM berasaskan <i>Metaverse</i> (STEM <i>Metaverse</i>).....	67
2.8	Konsep Asid Bes dan Garam	69
2.8.1	Sifat Kimia asid dan alkali	70
2.8.2	Kekuatan asid dan alkali	71
2.8.3	Peneutralan.....	73
2.8.4	Penyediaan garam	74
2.8.5	Kajian lepas mengenai Topik Asid Bes dan Garam	75
2.9	Minat Kerjaya STEM.....	79
2.9.1	Definisi Minat Kerjaya STEM.....	79
2.9.2	Faktor-faktor mempengaruhi minat kerjaya STEM.....	79

2.9.3	Kajian lepas mengenai minat kerjaya STEM.....	82
2.10	Pembentukan Kerangka Teori Kajian	83
2.10.1	Teori Kognitif Pembelajaran Multimedia.....	83
2.10.2	Rangka Kerja STEM Bersepadu	86
2.10.3	Teori Beban Kognitif	87
2.10.4	Teori Sosial Kognitif Kerjaya.....	90
2.10.5	Kerangka Teori Kajian.....	93
2.11	Kerangka Konseptual.....	94
2.12	Rumusan	96
BAB 3 METODOLOGI KAJIAN		97
3.1	Pendahuluan.....	97
3.2	Reka Bentuk Kajian Kaedah Gabungan <i>Concurrent Embedded</i> (CE- MMR)	97
3.2.1	Kajian Kuantitatif.....	99
3.2.2	Kajian Kualitatif.....	100
3.2.3	Reka Bentuk Kajian Eksperimen Kuasi.....	101
3.2.4	Sampel Kajian	103
3.2.5	Pemboleh ubah Kajian	105
3.3	Instrumen Kajian.....	107
3.3.1	Instrumen Ujian Kefahaman Asid Bes dan Garam (UKABG).....	107
3.3.2	Instrumen Kajian Minat Kerjaya STEM (STEM-CIS).....	113
3.3.3	Protokol Temu bual.....	115
3.4	Kajian Rintis	117
3.4.1	Kesahan.....	118
3.4.2	Kebolehpercayaan.....	120
3.5	Intervensi.....	121
3.5.1	Prosedur Kajian.....	121
3.5.2	Kumpulan Eksperimen.....	124

3.5.3	Kumpulan Kawalan	129
3.6	Teknik Analisis Data Kuantitatif	130
3.7	Teknik Analisis Data Kualitatif	133
3.8	Kesimpulan	137
BAB 4 ANALISIS DATA		138
4.1	Pendahuluan.....	138
4.2	Keberkesanan STEM-MV terhadap Pemahaman Asid Bes dan Garam	140
4.2.1	Analisis Data kuantitatif terhadap Pemahaman Asid Bes dan Garam bagi menjawab persoalan kajian 1A.	140
4.2.2	Data Deskriptif UKABG.....	141
4.2.3	Homogeniti varian dan kovarian serta homogeniti regresi ujian andaian bagi analisis MANCOVA.....	144
4.2.4	Analisis MANCOVA terhadap Pemahaman Asid Bes dan Garam .	146
4.2.5	Analisis Temu bual terhadap Pemahaman Asid Bes dan Garam bagi menjawab persoalan kajian 1B	149
4.2.5(a)	Memahami Sifat-sifat kimia Asid dan Alkali.	150
4.2.5(b)	Menganalisis kekuatan asid dan alkali.....	154
4.2.5(c)	Menilai proses penutralan.	158
4.2.5(d)	Menganalisis penyediaan garam.	163
4.2.6	Rumusan Dapatan Kuantitatif dan Kualitatif Pemahaman Asid Bes dan Garam.....	167
4.3	Keberkesanan STEM MV mempengaruhi minat kerjaya STEM	168
4.3.1	Analisis Data kuantitatif terhadap minat kerjaya STEM bagi menjawab persoalan kajian 2A.	169
4.3.2	Data Deskriptif STEM-CIS.....	170
4.3.3	Homogeniti varian dan kovarian serta homogeniti regresi ujian andaian bagi analisis MANCOVA.....	173
4.3.4	Analisis Multivariat Kovarian (MANCOVA) terhadap Minat Kerjaya STEM.	176
4.3.5	Analisis Temu Bual Minat Kerjaya STEM menjawab persoalan kajian 2B	179

4.3.5(a)	Keberkesanan diri.....	180
4.3.5(b)	Matlamat Peribadi	183
4.3.5(c)	Jangkaan Hasil	186
4.3.5(d)	Minat	189
4.3.5(e)	Sokongan dan halangan kontekstual	192
4.3.5(f)	Input Peribadi	195
4.3.6	Rumusan Dapatan Kuantitatif dan Kualitatif minat kerjaya STEM	198
4.4	Kesimpulan Keseluruhan Analisis Kajian	199
BAB 5 PERBINCANGAN.....		202
5.1	Pendahuluan.....	202
5.2	Keberkesanan STEM <i>Metaverse</i> Terhadap Pemahaman Asid Bes dan Garam.....	203
5.3	Keberkesanan STEM <i>Metaverse</i> Terhadap Minat Kerjaya STEM.....	209
5.4	Implikasi Kajian.....	215
5.4.1	Implikasi terhadap bidang pendidikan kimia	215
5.4.2	Implikasi terhadap bidang pendidikan STEM	215
5.4.3	Implikasi terhadap dasar pendidikan digital	216
5.4.4	Implikasi terhadap pembangunan bakat STEM Negara	217
5.5	Cadangan Kajian Lanjutan.....	218
5.5.1	Membangunkan aplikasi STEM <i>Metaverse</i> bagi topik lain.....	219
5.5.2	Lokasi kajian	220
5.5.3	Pelbagai sampel kajian.....	220
5.5.4	Jangka masa kajian	221
5.6	Kesimpulan	221
RUJUKAN		223
LAMPIRAN		

SENARAI JADUAL

	Halaman
Jadual 3.1 Pensampelan bilangan pelajar kumpulan eksperimen dan kumpulan kawalan yang terlibat dalam kajian kuantitatif dan kajian kualitatif.	104
Jadual 3.2 Ancaman Dalaman dan Kaedah Pengawalan	106
Jadual 3.3 Sub skala Konsep dalam Ujian Kefahaman Asid Bes dan Garam.....	108
Jadual 3.4 Standard Pembelajaran yang dikenal pasti bersesuaian dengan Sub skala Konsep Asid Bes dan Garam yang digabungkan.	109
Jadual 3.5 Jadual Spesifikasi Ujian Mengikut Enam Tahap Dalam Taksonomi Bloom.....	110
Jadual 3.6 Jadual Analisis Tugas Bagi Setiap Soalan UKABG.....	112
Jadual 3.7 Sub Skala Faktor Kerjaya Kognitif Sosial mengikut bidang disiplin STEM.....	113
Jadual 3.8 Soalan Temu Bual untuk Meneroka Tahap Kefahaman Pelajar Dalam Asid Bes dan Garam.....	115
Jadual 3.9 Soalan temu bual untuk meneroka minat kerjaya STEM	116
Jadual 3.10 Kesahan instrumen : Maklum balas daripada pakar untuk UKABG dan STEM-CIS	118
Jadual 3.11 Konsistensi Dalaman (KR-20) : Untuk Sub skala UKABG	120
Jadual 3.12 Konsistensi Dalaman (Pekali Cronbach's Alpha) : Untuk Subskala STEM-CIS	121
Jadual 3.13 Garis Panduan Pelaksanaan Kajian.....	123
Jadual 3.14 Contoh Rancangan Mengajar STEM Bersepadu Berasaskan Metaverse untuk kumpulan eksperimen	126
Jadual 3.15 Rancangan Mengajar menggunakan paparan Slaid PowerPoint untuk kumpulan kawalan	129
Jadual 3.16 Kaedah analisis Berdasarkan Persoalan Kajian Aspek Pemahaman	131
Jadual 3.17 Kaedah analisis Berdasarkan Persoalan Kajian Aspek minat kerjaya STEM	132

Jadual 3.18	Kod, Kategori dan Konsep bagi Pemahaman Asid Bes dan Garam.....	134
Jadual 3.19	Kod, Kategori dan Sub skala bagi minat Kerjaya STEM.	136
Jadual 4.1	Nilai skewness dan kurtosis bagi UKABG	140
Jadual 4.2	Statistik deskriptif ujian pra dan ujian pasca bagi empat sub skala dalam UKABG	141
Jadual 4.3	Nilai ujian Box's M bagi Ekualiti Matriks ^a Kovarian	144
Jadual 4.4	Rumusan Ujian Levene	145
Jadual 4.5	Keputusan MANCOVA Satu Hala	147
Jadual 4.6	Keputusan Univariat	148
Jadual 4.7	Nilai skewness dan kurtosis STEM-CIS	169
Jadual 4.8	Statistik deskriptif ujian pra dan ujian pasca bagi enam sub skala dalam STEM-CIS	171
Jadual 4.9	Nilai ujian Box's M bagi Ekualiti Matriks ^a Kovarians.....	174
Jadual 4.10	Ujian Levene	175
Jadual 4.11	Keputusan MANCOVA satu hala.....	176
Jadual 4.12	Ujian Univariat.....	177
Jadual 4.13	Ringkasan keseluruhan hasil dapatan kajian.....	200

SENARAI RAJAH

	Halaman
Rajah 2.1	Teori Kognitif Pembelajaran Multimedia 84
Rajah 2.2	Teori Kerjaya Sosial Kognitif (Lent et al., 1994, 2000) 91
Rajah 2.3	Kerangka teori yang digunakan dalam kajian ini secara keseluruhan 93
Rajah 2.4	Kerangka Konseptual 95
Rajah 3.1	Reka bentuk ‘embedded’ 98
Rajah 3.2	Reka bentuk eksperimen kuasi yang digunakan dalam kajian ini. 102
Rajah 3.3	Contoh Item Aneka Pilihan dalam UKABG 110
Rajah 3.4	Contoh Item Aneka Pilihan Dua Peringkat dalam UKABG 111
Rajah 3.5	Contoh Item STEM-CIS berbentuk skala Likert. 114
Rajah 3.6	Carta alir prosedur kajian. 122
Rajah 3.7	Paparan STEM-Metaverse melalui peranti yang digunakan oleh pelajar 128

SENARAI SINGKATAN

ABG	Asid Bes dan Garam
AR	<i>Augmented Reality</i> (Realiti Berperantaraan)
BBM	Bahan bantu mengajar
BPK	Bahagian Pembangunan Kurikulum
CE-MMR	<i>Concurrent embedded – Mixed Method Research</i>
COVID-19	<i>Coronavirus disease</i> 2019
DSKP	Dokumen Standard Kurikulum dan Pentaksiran
eLISE	e-Learning Integrated STEM Education
FB	<i>Facebook</i>
iOS	<i>iPhone Operation System</i>
IR 4.0	Revolusi Industri 4.0
KBAT	Kemahiran Berfikir Aras Tinggi
KBSM	Kurikulum Bersepadu Sekolah Menengah
KPM	Kementerian Pendidikan Malaysia
KSSR	Kurikulum Standard Sekolah Rendah
KSSM	Kurikulum Standard Sekolah Menengah
MANCOVA	<i>Multivariate Analysis of Covariance</i>
P _{C1} – P _{C5}	Pelajar kumpulan kawalan yang terlibat dalam sesi temu bual
PdP	Pengajaran dan Pembelajaran
PdPc	Pengajaran dan Pemudahcaraan
PdPR	Pengajaran dan Pembelajaran di Rumah
P _{E1} – P _{E5}	Pelajar kumpulan eksperimen yang terlibat dalam sesi temu bual
PKAB	Pengajaran Kreatif Asid Bes

pH	potential of hydrogen
PISA	<i>Programme International Student Assessment</i>
PPPM	Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia
RI 4.0	Revolusi Industri 4.0
SCCT	<i>Social Cognitive Career Theory</i>
SMET	<i>Science, Mathematics, Engineering, Technology</i>
SPPt	<i>Slaid PowerPoint</i>
STEM	<i>Science, Technology, Engineering, Mathematics</i>
STEM-CIS	Instrumen Kajian Minat Kerjaya STEM
STEM-MV	<i>STEM Metaverse</i>
TIMSS	<i>Trends in International Mathematics and Science Study</i>
UKABG	Instrumen Ujian Kefahaman Asid Bes dan Garam
2D	2 Dimensi
3D	3 Dimensi
P _{C1}	Pelajar satu kumpulan kawalan
P _{C2}	Pelajar dua kumpulan kawalan
P _{C3}	Pelajar tiga kumpulan kawalan
P _{C4}	Pelajar empat kumpulan kawalan
P _{C5}	Pelajar lima kumpulan kawalan
P _{E1}	Pelajar satu kumpulan eksperimen
P _{E2}	Pelajar satu kumpulan eksperimen
P _{E3}	Pelajar satu kumpulan eksperimen
P _{E4}	Pelajar satu kumpulan eksperimen
P _{E5}	Pelajar satu kumpulan eksperimen

SENARAI LAMPIRAN

Lampiran 1	Ujian Kefahaman Asid Bes Garam (UKABG)
Lampiran 2	Kajian Minat Kerjaya STEM (STEM-CIS)
Lampiran 3	Skema pemarkahan UKABG
Lampiran 4	Biodata Guru Dan Pensyarah (Kesahan Muka)
Lampiran 5	Biodata Guru Mengajar
Lampiran 6	Rancangan Pengajaran Harian Pendekatan STEM Metaverse – Kumpulan Eksperimen
Lampiran 7	Lembaran Kerja Semasa Sesi Pengajaran
Lampiran 8	Rancangan Pengajaran Harian Pendekatan Slaid PowerPoint – Kumpulan Kawalan
Lampiran 9	Q-Q Plot Bagi Pemahaman Asid Bes dan Garam
Lampiran 10	Q-Q Plot Bagi Minat Kerjaya STEM
Lampiran 11	Transkrip Temu bual Pra dan Pasca Kumpulan Kawalan
Lampiran 12	Transkrip Temu bual Pra dan Pasca Kumpulan Eksperimen

**KEBERKESANAN STEM *METaverse* DALAM MENINGKATKAN
KEFAHAMAN KONSEP ASID, BES DAN GARAM DAN MINAT KERJAYA
STEM DALAM KALANGAN PELAJAR TINGKATAN EMPAT**

ABSTRAK

Kesukaran dan cabaran dalam pembelajaran kimia menjadi punca pelajar tidak memilih aliran sains pada peringkat pengajian lanjutan dan mengakibatkan kemerosotan bekalan bakat STEM dari sekolah yang tidak sepadan dengan ledakan kemajuan teknologi dan Revolusi Industri. Kajian ini mengetengahkan STEM Metaverse (STEM-MV) dalam pengajaran dan pembelajaran asid bes dan garam (ABG) memandangkan pelajar sering mengalami kesukaran untuk memahami konsep ABG. STEM-MV adalah aplikasi pembelajaran menggunakan peranti yang mengandungi persembahan multimedia interaktif, realiti berperantaraan, grafik, video, animasi, makmal maya dan pautan untuk menyampaikan kandungan pembelajaran ABG kepada pelajar secara individu atau berpasangan mengikut kesesuaian tahap pemahaman mereka. Reka bentuk gabungan *embedded* dengan kaedah eksperimen kuasi digunakan untuk memperoleh data kuantitatif dan kualitatif terhadap 120 orang responden aliran sains tulen iaitu 60 orang Kumpulan Eksperimen dan 60 orang Kumpulan Kawalan serta menggunakan persampelan rawak mudah. Instrumen Ujian Kefahaman Asid Bes dan Garam dan instrumen Kajian Minat Kerjaya STEM digunakan dalam ujian pra dan ujian pasca untuk mendapatkan data kuantitatif keberkesanan STEM-MV terhadap pemahaman konsep ABG dan minat Kerjaya STEM. Data kualitatif diperoleh daripada 10 orang pelajar (5 orang Kumpulan Eksperimen dan 5 orang Kumpulan Kawalan) melalui temu bual pra dan temu bual pasca. Data kuantitatif dianalisis melalui Ujian MANCOVA menunjukkan bahawa

STEM MV adalah berkesan bagi meningkatkan pemahaman pelajar dalam ABG dan meningkatkan minat kerjaya STEM. Dapatan kualitatif menyokong dapatan kuantitatif. Kesimpulan daripada kajian menunjukkan STEM-MV memberi implikasi sebagai kaedah pembelajaran alternatif yang dapat membantu guru mempelbagaikan teknik pengajaran selain mengintegrasikan STEM dalam bilik darjah.

.

**THE EFFECTIVENESS OF STEM-METaverse IN IMPROVING
UNDERSTANDING OF ACID, BASE AND SALT CONCEPTS AND STEM
CAREER INTEREST AMONG FORM FOUR STUDENTS**

ABSTRACT

Difficulties and challenges in learning chemistry is the reason for students for not opting for science streams at the tertiary level and resulted in a deterioration in the supply of STEM talent from schools that did not match the advancement in technology and the Industrial Revolution. This study highlights STEM Metaverse (STEM-MV) in teaching and learning ABS one of the concepts students frequently encounter difficulty to understand. STEM-MV is a device learning application that contains interactive multimedia presentations, intermediate reality, graphics, video, animation, virtual labs, and links to deliver ABC learning content to students individually or in pairs according to their level of understanding. The concurrent embedded design with the quasi-experimental method was used to obtain quantitative and qualitative data on 120 respondents of science stream students, 60 Experimental Group and 60 Control Group and using simple random sampling. The ABS Comprehension Test Instruments and STEM Career Interest Studies instruments were used in pre- and post-test tests to obtain quantitative data on STEM-MV effectiveness on ABG conceptual understanding and STEM Career interest. Qualitative data was obtained from 10 students (5 Experimental Group and 5 Control Group members) through pre-interview and post interview. Quantitative data analyzed through the MANCOVA Test showed that STEM MV is effective in improving students' understanding of Base Acid and Salt and increasing STEM career interest. Qualitative findings showed that a deeper understanding of the ABG concept as well as increasing STEM career interest among

the students of the experimental group was higher than the control group. A more detailed understanding of the concept that meets the facts and can relate the effectiveness of STEM MV during the post-run interview. Students provide more positive feedback on STEM career interests related to STEM MV learning. Conclusions from the study show that STEM-MV has implications as an alternative learning method that can help teachers diversify teaching techniques in addition to integrating STEM in the classroom.

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Pendahuluan

Tunjang asas pertumbuhan ekonomi sesebuah negara dan tenaga mahir berinovatif yang sebahagian besarnya berasaskan perkembangan Sains, Teknologi, Kejuruteraan dan Matematik (National Research Council, 2011). Pelbagai kerjaya yang melibatkan STEM secara tidak langsung memacu pertumbuhan ekonomi sesebuah negara dan mengekalkan keupayaan berdaya saing di peringkat global pada era hari ini (Lajium et al., 2020). Permintaan tinggi dan semakin meningkat yang memerlukan tenaga kerja mahir serta terlatih dalam bidang STEM bagi menyokong pertumbuhan dan pembangunan ekonomi negara, seharusnya menjadikan pendidikan STEM sebagai faktor utama bagi membantu memenuhi permintaan ini (Avargil et al., 2020).

Kebelakangan ini terdapat peningkatan penekanan keperluan melatih dan mengekalkan pelajar aliran STEM bagi mengekalkan kedudukan Amerika Syarikat sebagai pemimpin dalam bidang STEM (Ribble & Grunert Kowalske, 2022). Begitu juga negara-negara seperti Austria, Jerman dan Honduras turut melaporkan kesukaran melatih dan melibatkan lebih ramai pelajar di dalam bidang STEM (So et al., 2022). Di Malaysia, tenaga kerja STEM di Malaysia hanya merangkumi sekitar 15% daripada keseluruhannya berbanding negara maju terdiri daripada kira-kira 30% daripada jumlah tenaga kerja masing-masing (Akademi Sains Malaysia, 2018). Malaysia memerlukan lebih lapan juta pekerja mahir bidang STEM menjelang tahun 2050 untuk memenuhi permintaan pasaran. Namun begitu, Malaysia dijangka tidak akan dapat menyediakan tenaga mahir dalam bidang STEM memandangkan bakat STEM

beberapa tahun belakangan ini merosot dan semakin berkurangan. Menurut Laporan Tahunan 2020 Kementerian Pendidikan Malaysia Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia (PPPM) 2013-2025 , melaporkan 47.18 peratus murid menengah atas di seluruh negara pada tahun 2020 memilih bidang STEM masih lagi tidak mencapai sasaran 60 peratus (Ahmad & Lajium, 2020). Kemerosotan pelajar memilih aliran Sains atau STEM tidak sepadan dengan ledakan kemajuan dalam teknologi dan Revolusi Industri 4.0 (IR 4.0) menjelaskan bahawa terdapat jurang bekalan bakat STEM dari sekolah kepada tenaga kerja bidang STEM yang sebenar (Tey et al., 2019).

Pelajar tidak lagi memilih aliran Sains pada peringkat menengah atas dan peringkat pengajian lanjutan kerana mereka menganggap mata pelajaran Sains dan Matematik adalah subjek yang sukar dan mencabar (Amirah et al., 2019; Fatin Aliah et al., 2010). Dalam semua subjek sains, kimia melibatkan pembelajaran konsep yang abstrak yang tidak dapat dilihat dengan mata kasar (Norlida, 2019; Nuraida et al., 2021; Wahyuni & Purwanto, 2020). Asid bes dan garam adalah merupakan konsep abstrak salah satu topik kurikulum kimia tingkatan empat (DSKP, 2018). Topik ini merupakan konsep asas yang perlu dikuasai oleh pelajar untuk memahami konsep kimia yang lebih abstrak (Hadinugrahaningsih et al., 2021; Izzati & Rochmah, 2020; Lee, 2016; Lim, 2016; Norlida, 2019; Nuraida et al., 2021; Wahyuni & Purwanto, 2020).

Transformasi dalam pendidikan kimia telah dilakukan PPPM 2013-2025 dengan menggantikan Kurikulum Bersepadu Sekolah Menengah (KBSM) kepada Kurikulum Standard Sekolah Menengah (KSSM). Penggubalan melalui Dokumen Standard Kurikulum dan Pentaksiran (DSKP) dilakukan supaya dapat meningkatkan kualiti kurikulum di sekolah setanding dengan piawaian antarabangsa. KSSM Kimia memenuhi matlamat PPPM 2013-2025 untuk menghasilkan pelajar literasi sains serta

berpotensi tinggi dalam bidang STEM yang akan menghadapi era pembangunan teknologi Abad ke-21 dan IR 4.0. Pengaplikasian teknologi dengan menggunakan media seperti radio, televisyen, video atau alat perantara komunikasi moden seperti Internet dan komputer, menjadikan pembelajaran kimia lebih menarik dan berkesan (Nur Amelia & Lilia, 2019; DSKP, 2018). Pendekatan teknologi terkini seperti simulasi dan animasi komputer, grafik 3D, realiti maya atau realiti berperantaraan menjadikan pembelajaran kimia dengan konsep abstrak dan sukar khususnya ABG dapat dijelaskan dengan lebih berkesan serta memberikan pembelajaran bermakna seperti dunia sebenar. Aplikasi ‘*Metaverse*’ satu alat yang bernilai, untuk kaedah pembelajaran trans disiplin STEM. *Metaverse* boleh direka bentuk teknologi untuk menyediakan konteks dan pengalaman yang membolehkan dan menggalakkan kerjasama, komunikasi, penguasaan kandungan, pemikiran kreatif, inovasi kreatif dan keyakinan, (*playful learning 6Cs – collaboration, communication, content, critical thinking, creative innovation, confidence*) (Hirsh-Pasek et al., 2022). Selain bersifat interaktif dan mempunyai fungsi AR, *Metaverse* memberi pengalaman pembelajaran baharu dengan merangsang pelajar dengan aktiviti berbentuk penjelajahan, permainan, video simulasi, makmal maya dan pelbagai lagi (Estudante & Dietrich, 2020). Penjelasan konsep ABG melalui grafik 3D, tindak balas kimia dengan video simulasi serta aktiviti hands-on dengan makmal maya akan menjadikan topik ABG menjadi pengalaman pembelajaran lebih bermakna. Penggunaan *Metaverse* yang mempunyai kaitan dengan IR 4.0 adalah salah satu cara untuk menunjukkan kerelevanan bidang STEM dengan keperluan tenaga kerja dan kepakaran dalam abad ke-21. *Metaverse* merupakan pendekatan yang bersesuaian untuk meningkatkan kesedaran dan kepentingan kerjaya STEM.

Justeru itu, kajian ini memperkenalkan pendekatan STEM *Metaverse* untuk mempelajari konsep ABG. Selain itu, keberkesanan pendekatan STEM *Metaverse* dalam meningkatkan pemahaman konsep ABG serta minat kerjaya STEM pelajar tingkatan empat diukur.

1.2 Latar Belakang Kajian

Kimia adalah subjek yang sukar dan abstrak kerana melibatkan tahap makroskopik, mikroskopik dan submikroskopik (Shahizah Mahamd Shobri et al., 2021). Berdasarkan DSKP, KSSM telah menampilkan isi kandungan yang terkini serta dilengkapi dengan penerapan tahap makroskopik, mikroskopik dan submikroskopik dalam semua sebelas konsep kimia yang terdapat dalam DSKP kimia termasuk topik asid-bes dan garam yang dikaji dalam kajian ini (DSKP, 2018; Kuok Chen et al., 2019).

Di dalam bidang kimia, pengintegrasian STEM memainkan peranan penting dalam menyokong inovasi dan penciptaan melalui pengintegrasian bidang yang berbeza dengan mencetuskan idea baharu serta menciptakan model prototaip berdasarkan pemahaman pembelajaran STEM dalam kelas (Adam & Halim, 2019). Kajian lepas menunjukkan pengintegrasian STEM melalui pembelajaran berasaskan masalah bukan sahaja dapat meningkatkan pemahaman konsep malah pelajar menikmati pengalaman semasa aktiviti dan menimbulkan minat mempersembahkan hasil ciptaan mereka (Yücel et al., 2020). Menurut Aydın-Günbatır(2020) selain peningkatan pengetahuan kimia, pengintegrasian STEM dalam kimia dapat memberi peluang kepada pelajar mereka bentuk penyelesaian masalah dan berkongsi idea dalam perbincangan di dalam kelas. Pengintegrasian STEM dalam bidang kimia yang

diutarakan kajian lepas adalah berkaitan pengajaran dan pembelajaran kimia dan boleh diadaptasikan dalam pembelajaran topik ABG.

Pengajaran dan pembelajaran ABG seperti yang terkandung dalam DSKP (DSKP, 2018) pelajar perlu menguasai peranan air dalam menunjukkan keasidan dan kealkalian, menghubungkan nilai pH asid dan alkali dengan kepekatan ion hidrogen dan ion hidroksida, menerangkan kekuatan asid dan alkali berdasarkan darjah penceraian dalam air, memahami sifat-sifat kimia asid dan alkali, menyelesaikan masalah numerikal berkaitan kepekatan larutan akueus, menentukan kepekatan larutan melalui kaedah pentitratan, menghuraikan penyediaan larutan piawai, mengenal pasti garam dan penyediaannya, mengeksperimenkan tindakan haba ke atas garam dan menganalisis secara kualitatif. Kesemua standard kandungan pelajaran dalam topik ini telah digabungkan menjadi empat konsep mengikut kesesuaian iaitu 1) kekuatan asid dan alkali, 2) sifat kimia asid dan alkali, 3) menentukan takat akhir tindak balas peneutralan 4) penyediaan garam terlarutkan dan tak terlarutkan. Kesemua empat disiplin STEM dapat diintegrasikan dalam topik ABG yang melibatkan pembelajaran konsep-konsep di atas. Disiplin sains melibatkan keempat-empat konsep dalam topik ABG. Disiplin teknologi melibatkan pembangunan dan penggunaan peralatan untuk mengkaji dan mengendalikan bahan kimia seperti menganalisis dan mensintesis asid dan alkali atau menganalisis secara kualitatif garam. Kejuruteraan melibatkan reka bentuk proses-proses yang terlibat dalam pengendalian bahan kimia serta mengaplikasikan prinsip asas kimia untuk merancang penghasilan produk seperti garam yang berbeza. Dalam pembelajaran ABG, matematik digunakan untuk pengiraan, pengukuran dan penyelesaian masalah numerikal berkaitan sifat-sifat kimia seperti nilai pH, kepekatan ion hidrogen dan lain-lain berkaitan tindak balas kimia.

Kajian lepas menunjukkan topik (asid bes – garam) merupakan topik sukar kerana terdapat konsep yang dipelajari melalui perwakilan abstrak seperti mikroskopik, makroskopik dan persimbolan (Hadinugrahaningsih et al., 2021; Izzati & Rochmah, 2020; Lee Ling, 2016; Lim, 2016; Mohd Yaacob, 2019; Nuraida et al., 2021; Wahyuni & Purwanto, 2020). Justeru bagi mengajar topik ABG, pelbagai teknik pengajaran yang digunakan seperti penggunaan modul berdasarkan model 5E (Cetin-Dindar & Geban, 2017; Shahizah Mahamd Shobri et al., 2021; Ültay & Çalik, 2016), modul e-pembelajaran *Google Classroom* (Rahim & Tien, 2021), pembelajaran berasaskan permainan komputer (Hamzah, 2017), pembelajaran berasaskan masalah (Dwikaryani et al., 2019), perisian interaktif (Talib et al., 2019), simulasi makmal maya (Nuraida et al., 2021), teknik kitaran penerokaan, penerangan, dan penjelasan (Hadinugrahaningsih et al., 2021), serta banyak lagi yang boleh dipraktikkan.

Pengintegrasian STEM adalah salah satu teknik digunakan untuk mengajar topik ABG. Penggunaan modul pengajaran bagi pembelajaran topik asid dan bes iaitu modul Pengajaran Kreatif Asid Bes Pendidikan STEM (PKAB-STEM) (Mohd Yaacob, 2019). Berdasarkan kajian ini, Modul PKAB-STEM terdapat dua (2) aktiviti Pendidikan STEM berasaskan Projek dan satu (1) aktiviti Pendidikan STEM Berasaskan Masalah. Aktiviti yang dirancang di dalam Modul ini, mengintegrasikan konsep tindak balas peneutralan dan nilai pH bagi topik asid bes, menentukan isi padu larutan asid dan bes yang digunakan, menggunakan teknologi bagi menyediakan dokumentasi pembentangan dan reka bentuk kejuruteraan untuk membina prototaip projek (Mohd Yaacob, 2019). Proses pembelajaran menggunakan PKAB-STEM menunjukkan model proses kreatif terarah menumpukan kreativiti pelajar. Manakala guru memainkan peranan penting untuk merancang, membuat persediaan, melaksanakan dan membuat refleksi bagi memastikan pembelajaran

bermakna, relevan, menarik dan menghasilkan impak yang tinggi (Mohd Yaacob, 2019). Kajian ini menunjukkan terdapat potensi untuk mengembangkan STEM dalam topik ABG.

Kajian lepas juga membuktikan pendidikan STEM bersepadu menyokong konsep pengajaran yang memerlukan merentasi sempadan disiplin STEM untuk mencapai pemahaman (English & King, 2019; Khozali & Karpudewan, 2020). Pendidikan STEM menyediakan pengalaman pembelajaran trans disiplin dengan mengintegrasikan pemahaman sains (termasuk kimia), pendekatan teknologi, keterampilan matematik dan dengan kemampuan melakukan proses kejuruteraan mereka bentuk (Daman Huri & Karpudewan, 2019). Pendekatan STEM secara trans disiplin memerlukan pengetahuan asas dan kemahiran yang dipelajari daripada dua atau lebih disiplin yang menerapkan penyelesaian masalah berkaitan dunia sebenar dan melalui proses pembelajaran bermakna (Daman Huri & Karpudewan, 2019; Khozali & Karpudewan, 2020; Ng, 2019). Pendekatan STEM bersepadu menjadikan rangka kerja iaitu "*Framework for STEM Integration in the Classroom*" yang telah dibangunkan oleh Moore et al. (2016), diterima pakai sebagai panduan Pendidikan STEM Bersepadu (Daman Huri & Karpudewan, 2019; Johnson et al., 2021; Khozali & Karpudewan, 2020; Moore et al., 2016). Berpanduan rangka kerja ini Pendidikan STEM Bersepadu merangkumi pembelajaran yang bermakna berlaku apabila keterlibatan pelajar secara aktif bekerjasama dalam pasukan, secara kolaboratif meneroka teknologi, mengintegrasikan pengetahuan asas sains dan matematik dan mengambil bahagian dalam pemikiran kejuruteraan untuk menyelesaikan masalah dunia sebenar (Johnson et al., 2021; Moore et al., 2016). Adunan rangka kerja STEM dan pendekatan trans disiplin berpotensi meningkatkan kefahaman kimia pelajar.

Beberapa kajian lepas menunjukkan salah satu strategi meningkatkan pemahaman kimia dalam kalangan pelajar sekolah menengah dengan pendekatan STEM trans disiplin (Daman Huri & Karpudewan, 2019; Lou et al., 2017). Menurut Lou et al. (2017) pelajar mendalami teori tindak balas kimia dan meneroka semua penyelesaian yang mungkin menggunakan pengetahuan dan menguasai kemahiran yang berguna dengan mengintegrasikan sains dan matematik, meningkatkan kualiti teknologi reka bentuk kejuruteraan dan manfaat potensi inovasi secara berkumpulan (Shi Jer Lou et al., 2017). Menurut Lou et. al (2017) lagi, pendekatan STEM ini dapat mengembangkan domain kreativiti, afektif, pengalaman pengembaraan, rasa ingin tahu, imaginasi dan cabaran. Menurut Daman Huri & Karpudewan (2019) apabila pembelajaran trans disiplin diadaptasikan pelajar mengeksplorasi pengetahuan, memberi pandangan, berkongsi idea serta mewujudkan komunikasi positif dalam penyelesaian masalah sebagai salah satu cara meningkatkan kefahaman yang memberikan pengalaman pembelajaran bermakna.

Kebelakangan ini, perkembangan pesat teknologi dan maklumat merupakan antara potensi besar yang boleh digunakan oleh pendidik untuk meningkatkan kualiti pembelajaran dan mewujudkan suasana pembelajaran yang lebih moden dan gaya pembelajaran pelajar lebih menarik berbanding kaedah tradisional (Mohd Nor et al., 2019; Srisawasdi, 2018; Taib et al., 2019; Talib et al., 2019; Yuliana et al., 2021). Teknologi multimedia telah berkembang menjadi salah satu bahan bantu mengajar (BBM) yang membantu guru dan menarik minat pelajar berinteraktif agar minda mereka lebih berkembang dan kreatif (Mohd Nor et al., 2019; Taib et al., 2019).

Penggunaan multimedia dalam peringkat pengetahuan sains membolehkan pelajar untuk memahami dan menguasai konsep sains yang tidak dapat dilihat oleh mata kasar seperti struktur molekul, atom dan pembentukan ion melalui simulasi (Doyle et al., 2019; Mohd Nor et al., 2019). Selain itu, aplikasi grafik 3D membantu pelajar memahami struktur sebatian kimia yang kompleks, secara tidak langsung membantu mempercepatkan pelajar memahami konsep abstrak yang sukar iaitu makroskopik, mikroskopik dan perwakilan simbolik dalam kimia (Hardy et al., 2021; Mohd Nor et al., 2019; Talib et al., 2019) yang juga berkaitan dengan topik ABG.

Metaverse merupakan media pembelajaran baharu yang membolehkan pengguna berinteraksi dengan kandungan seumpama multimedia berbentuk realiti berperantaraan. Kandungan pembelajaran yang dibangunkan menggunakan papan cerita serta dilengkapi fungsi-fungsi ringkas pada platform atas talian *Metaverse Studio* yang tanpa memerlukan kemahiran pengaturcaraan atau pengekodan yang tinggi (Estudante & Dietrich, 2020). Peralatan dinamik yang tersedia dalam ‘*Metaverse*’ studio membolehkan pengguna membina objek AR dan mengimport objek dengan penyepaduan *Google AI* (Callum & Parsons, 2019). Kandungan pembelajaran yang dibangunkan menggunakan *Metaverse Studio* boleh direka bentuk sebagai permainan, kuiz, lawatan, satu siri adegan, seperti tinjauan pendapat, video, cabaran masa, permainan *escape room* secara maya, pautan halaman web, dokumen *Google Drive*, dan banyak lagi (Callum & Parsons, 2019; Erturk & Reynolds, 2020; Estudante & Dietrich, 2020). ‘*Metaverse*’ menjadikan proses merancang aktiviti pembelajaran lebih mudah diakses dengan aplikasi yang terdapat dalam sistem iOS dan Android (Callum & Parsons, 2019).

Metaverse (iOS dan Android) adalah aplikasi yang boleh dimuat turun secara percuma ke dalam peranti telefon pintar dan tablet. Pembelajaran menggunakan

aplikasi *Metaverse* menggalakkan pelajar mempraktikkan pembelajaran sendiri selain kolaborasi secara atas talian menggantikan kaedah pembelajaran konvensional seperti tayangan slaid PowerPoint. Terdapat kajian persepsi pendidik dan pelajar mengenai penggunaan aplikasi *Metaverse* (Callum & Parsons, 2019; Estudante & Dietrich, 2020). Berasaskan kajian persepsi pendidik (Callum & Parsons, 2019), gabungan dua persekitaran (maya dan nyata) dapat memberikan pengalaman dunia sebenar yang menjadikan pembelajaran lebih konkrit serta menyokong pembelajaran bermakna bersesuaian dengan pembelajaran trans disiplin.

Pembelajaran ABG dapat diterapkan dalam aplikasi *Metaverse* untuk mengatasi kesukaran perwakilan abstrak seperti mikroskopik, makroskopik dan persimbolan. *Metaverse* dapat membantu pelajar untuk memberi pengalaman pembelajaran maya seterusnya mengaitkan isi kandungan pembelajaran dengan dunia sebenar. Pergerakan ion-ion hidrogen atau ion-ion hidroksida semasa pengionan dalam air bagi konsep kekuatan asid dan alkali dapat dipaparkan secara animasi 2D di dalam aplikasi *Metaverse*. Aplikasi *Metaverse* juga dapat memaparkan video aktiviti amali di dalam makmal untuk menunjukkan tindak balas kimia bagi sifat kimia asid dan alkali. Pelajar juga boleh melihat dengan jelas perubahan warna untuk menentukan takat akhir tindak balas peneutralan melalui aktiviti makmal maya secara atas talian daripada pautan yang tersedia dalam *Metaverse*. Nota ringkas serta grafik informasi dengan paparan realiti berperantaraan tersedia kepada pelajar untuk mengenal pasti garam dan cara penyediaan garam. Selain itu, kaedah pembelajaran dengan menggunakan *Metaverse* memberi peluang kepada pelajar mencuba dan melihat keberkesanannya dalam meningkatkan minat memilih bidang kerjaya STEM.

Pelbagai kandungan boleh dibangunkan di dalam *Metaverse* untuk mengintegrasikan STEM Trans disiplin dengan memanipulasi grafik 2D atau objek 3D

mewakili struktur ion, atom dan molekul , mengembangkan konsep kimia dalam bentuk interaktif, permainan atau kuiz, video atau audio serta aktiviti pengukuhan (Erturk & Reynolds, 2020; Estudante & Dietrich, 2020). Pengintegrasian STEM Trans disiplin dalam *Metaverse* melalui projek secara terancang dalam setiap konsep ABG. Setiap konsep dalam topik ABG (4 sub konsep) memerlukan pelajar secara berkumpulan atau berpasangan untuk menyelesaikan masalah berasaskan konsep yang telah dipelajari.

Salah satu projek yang dirancang dalam aplikasi *Metaverse* ini adalah menggunakan konsep penentuan nilai pH bagi bahan asid dan alkali. Pelajar mengintegrasikan konsep kimia dengan memahami hubungan nilai pH dengan kepekatan ion hidrogen dan kepekatan ion hidroksida. Pelajar juga mengaplikasikan penunjuk pH dengan menggunakan bahan semula jadi. Pengintegrasian disiplin matematik seperti menentu ukur isipadu bahan minuman dalam kehidupan seharian dan mengukur nilai pH dilakukan. Pelajar menggunakan teknologi mendapatkan maklumat berkaitan bahan semula jadi pengganti penunjuk pH, mengetahui kaedah menghasilkan penunjuk pH dan menyediakan dan memuat naik dokumentasi penghasilan penunjuk pH melalui media sosial. Reka bentuk kejuruteraan diintegrasikan dengan menentukan kaedah penghasilan penunjuk pH semula jadi. Tumpuan pendekatan STEM trans disiplin dalam aplikasi *Metaverse* dapat meningkatkan penglibatan aktif pelajar secara kolaborasi dan menggalakkan penggunaan teknologi telefon pintar serta meningkatkan kemahiran pemikiran reka bentuk kejuruteraan (Callum & Parsons, 2019; Erturk & Reynolds, 2020; Estudante & Dietrich, 2020).

Pemilihan bidang STEM berkait rapat dalam memilih bidang kerjaya dan pentingnya untuk memahami apa yang pelajar perlu tahu tentang kerjaya khususnya

dalam bidang kimia serta mengetahui tentang apa kerjaya tersebut (Ribble & Grunert Kowalske, 2022). Minat dalam kerjaya STEM merujuk kepada kecenderungan individu dengan memberi tumpuan kepada pengetahuan dan kemahiran terhadap bidang STEM. Terdapat banyak faktor yang mempengaruhi aspirasi kerjaya STEM dalam kajian-kajian lepas sama ada dari aspek individu atau persekitaran (Ahmad & Lajium, 2020). Menurut Kier et al. (2014) minat kerjaya STEM mengandungi 6 komponen. Komponen tersebut yang dijadikan sub skala minat kerjaya STEM dalam kajian ini adalah keberkesanan diri, matlamat peribadi, jangkaan hasil, minat, sokongan dan halangan kontekstual dan input peribadi.

Keberkesanan diri adalah komponen (1) paling berpengaruh dalam pemilihan kerjaya, individu yang mempunyai keberkesanan diri yang tinggi berkemampuan mencapai matlamat dan hasil yang diinginkan kerana mereka menganggap potensi dirinya sendiri berjaya dalam bidang tertentu (Kier et al. 2014). Menurut Sukri & Nachiappan, (2021) pemilihan kerjaya mengutamakan ciri keperibadian iaitu komponen (2) matlamat peribadi juga komponen penting bagi setiap individu semasa peringkat remaja kerana ketika usia ini pelajar berusaha meneroka dan menetapkan matlamat kerjaya impian. Lazimnya keberkesanan diri dan matlamat peribadi dikaitkan dengan komponen jangkaan hasil. Menurut Kier et. al (2014) keberkesanan diri secara tidak langsung melibatkan penetapan matlamat peribadi seterusnya individu tersebut memberi komitmen, menganalisis keputusan dibuat dan menjangkakan hasil diperolehi.

Menurut Sukri & Nachiappan, (2021), pencapaian keputusan peperiksaan di sekolah adalah jangkaan hasil yang menunjukkan kemampuan diri individu berkenaan dalam bidang yang diceburi. Kejayaan yang diperolehi dalam mata pelajaran tertentu membantunya untuk memilih kerjaya masa depan dalam bidang tersebut (Kier et al.,

2014). Oleh itu, komponen (3) jangkaan hasil juga mempengaruhi individu dalam pemilihan kerjaya. Menurut Lent et. al (2000) komponen (4) minat juga memberi kesan terhadap jangkaan hasil dan keberkesanan diri. Minat mendorong (keberkesanan diri) pelajar menjadi lebih berkeinginan untuk mencapai sesuatu (matlamat peribadi) dengan memperoleh keputusan (jangkaan hasil) yang terbaik (Razali, 2019). Kecenderungan meminati bidang tertentu mendorong kepada impian untuk mencapai matlamat dan kepuasan untuk memperoleh kejayaan dalam bidang kerjaya tersebut (Ahmad & Lajium, 2020). Komponen (5) sokongan kontekstual adalah pengaruh sosial seperti rakan sebaya atau keluarga yang mempengaruhi pilihan individu untuk menetapkan matlamat kerjaya (Mohtar et al., 2019). Faktor ini turut melibatkan pengaruh dari tokoh kerjaya yang diminati, pengalaman pembelajaran dan pengaruh dari media (Razali, 2019; Sukri & Nachiappan, 2021). Menurut Sukri & Nachiappan, (2021) komponen (6) input peribadi adalah faktor yang dibina secara sosial, seperti jantina, latar belakang, bangsa, dan status sosioekonomi; dan faktor interpersonal, seperti keperibadian, yang mempengaruhi faktor keberkesanan diri yang tinggi atau rendah. Lazimnya input peribadi merujuk kepada usaha individu untuk mendapatkan maklumat, menimba pengalaman dan penerokaan kerjaya yang diminati (Sukri & Nachiappan, 2021).

Kajian lepas menyatakan selain mempunyai kurikulum yang stabil dan pengajaran terancang interaktif yang mengintegrasikan STEM, kesediaan pelajar ke arah keperluan kognitif, tingkah laku dan pengaruh persekitaran adalah perlu untuk mewujudkan minat pelajar terhadap kerjaya STEM (Razali et al., 2018). Kajian berkaitan minat kerjaya STEM telah dilakukan sebelum ini namun fokus utama kajian hanya berkaitan faktor-faktor yang mempengaruhi minat kerjaya STEM sahaja. Setakat ini terdapat juga kajian pembentukan minat kerjaya STEM berhubungan

dengan pengajaran dan pembelajaran mata pelajaran STEM di sekolah (Beier et al., 2019; Tomperi et al., 2022). Menurut Beier et al. (2019), penguasaan kemahiran STEM melalui pembelajaran berasaskan projek dalam bidang sains teras dan kejuruteraan adalah berkesan sebagai pengantaraan terhadap aspirasi kerjaya STEM. Dapatan Tomperi et al.(2022) menunjukkan minat mata pelajaran STEM tidak berada pada tahap yang tinggi di kalangan pelajar di Norway, Finland dan Russia yang menjelaskan minat pelajar yang rendah walaupun keberkesanan diri yang tinggi terhadap mata pelajaran STEM. Menurut Tomperi et. Al (2022) kekurangan pengetahuan mengenai peluang kerjaya STEM dan kurang pendedahan maklumat kerjaya STEM merupakan punca aspirasi kerjaya STEM pada tahap yang sederhana.

STEM Metaverse sebagai media pengajaran khususnya dalam topik ABG adalah aplikasi pembelajaran berbentuk media interaktif yang baharu. Ciri-ciri STEM Metaverse yang mengandungi pelbagai media (multimedia) mampu menarik perhatian dan minat mempelajari bidang tersebut. Menurut Igboanugo (2021) minat adalah aspek domain afektif yang membina kecenderungan individu untuk menyukai atau tidak menyukai sesuatu. Menurut Mayer (2009) daya tarikan luar biasa atau unik dalam persembahan multimedia yang menarik berupaya meningkatkan pencapaian keputusan pelajar berbanding pencapaian pelajar yang menggunakan media yang padat dengan teks atau audio atau video sahaja. STEM Metaverse mewujudkan persekitaran pembelajaran maya dan nyata yang dapat memberikan pengalaman dunia sebenar selain menjadikan pembelajaran lebih konkrit seterusnya meningkatkan kefahaman. Menurut Razali et. al (2018) pengaruh persekitaran adalah perlu untuk mewujudkan minat pelajar terhadap kerjaya STEM. Secara tidak langsung pelajar menunjukkan keberkesanan diri yang lebih tinggi dalam mata pelajaran ini. Menurut Razali (2019) pelajar perlu mempunyai kesedaran (keberkesanan diri) terhadap

kepentingan pengetahuan mempelajari dan menguasai sains sebagai permulaan kepada pembentukan minat kerjaya STEM.

STEM *Metaverse* menyediakan pautan yang membolehkan pelajar mengikuti aktiviti penilaian formatif atas talian setelah selesai setiap sub konsep. Pelajar diberi peluang memperbaiki kesalahan berulang kali semasa penilaian formatif. Pelajar berusaha meningkatkan pencapaian dan memperoleh pencapaian terbaik. Menurut Yusoff et al. (2019), seorang pelajar yang bermotivasi memilih minat kerjaya tertentu, akan mempengaruhi tingkah laku dan pemikirannya membawa kepada pencapaian matlamat peribadi. Secara tidak langsung pelajar sentiasa akan menunjukkan prestasi terbaik dan dapat mencapai kecemerlangan yang dikehendaki (Yusoff et al., 2019). Menurut Zola et al. (2022) dan teori kognitif sosial, kegigihan dan usaha seseorang individu melakukan sesuatu dan memperoleh kejayaan akhir ditentukan oleh keyakinan keberkesanan diri dan jangkaan hasil.

STEM *Metaverse* menawarkan pembelajaran penerokaan yang menggalakkan pelajar secara aktif mencari dan mengakses maklumat atas talian melalui pautan video serta makmal maya. Pelajar aktif meneroka konsep secara mendalam, mendorong semangat ingin tahu melalui penemuan seterusnya mengawal proses pembelajaran sendiri (Rubani et al., 2018). Selari dengan komponen input peribadi, pengalaman, penemuan maklumat secara konsistensi memotivasikan pelajar memilih kerjaya berasaskan STEM. STEM *Metaverse* juga menjadikan pembelajaran berasaskan projek secara berkumpulan melalui aplikasi atas talian dengan penggunaan peranti. Pelajar berkongsi hasil kerja atau prototaip secara kolaborasi untuk bertukar pendapat dan saranan idea. Secara tidak langsung pelajar mendapat dorongan dan sikap positif semasa perbincangan sebagai sokongan kontekstual yang mempengaruhi pemilihan kerjaya STEM. Perbezaan faktor kontekstual samada menyokong atau menghalang

individu memilih kerjaya pilihan bergantung kepada pengaruh orang sekeliling, persepsi positif atau negatif dan keupayaan individu itu sendiri mengatasi halangan dan memperkuat dorongan kontekstual dalam memilih kerjaya pilihan (Lent et al., 2000).

1.3 Pernyataan Masalah

Konsep asid-bes adalah salah satu konsep yang lebih mencabar untuk dikuasai oleh murid dalam kurikulum kimia peringkat sekolah menengah (Eilks et al., 2018b; Hamzah, 2017; Mohd Yaacob, 2019). Berdasarkan analisis keperluan oleh Tien Tien & Osman, 2010 menunjukkan tiga topik yang dikenal pasti sebagai topik paling sukar dalam sukatan pelajaran Kimia Tingkatan 4 KBSM iaitu Garam, Elektrokimia dan Asid-Bes. Dapatan kajian analisis keperluan berkenaan merumuskan tahap kesukaran topik asid bes melalui persepsi guru pada kedudukan ketiga paling sukar manakala persepsi pelajar pada kedudukan kedua paling sukar (Hamzah, 2017). Sehubungan dengan itu, KBSM telah diubahsuai berdasarkan DSKP yang menggabungkan Topik Asid Bes dan Topik Garam dalam satu tema secara tidak langsung Topik ABG dalam KSSM Tingkatan Empat menjadi topik paling sukar.

Terdapat kajian terdahulu menunjukkan murid menghadapi beberapa kesukaran untuk menguasai topik asid, bes (Cooper et al., 2016; Damanhuri et al., 2016; Mohd Yaacob, 2019; Nurisa & Arty, 2019; Rahim & Lee, 2021; Talib et al., 2019) dan garam (Gladys Uzezi et al., 2017; Hadi & Ahied, 2017b; Malkoc, 2017). Berdasarkan kajian (Jiménez-Liso et al., 2020) melalui perkembangan sejarah dan sifat sains menunjukkan topik asid bes bukan sahaja pelajar menganggap mata pelajaran ini sukar tetapi guru menghadapi kesukaran untuk mengajar topik ini. Penguasaan konsep asas asid-bes yang lemah menyebabkan pelajar gagal menguasai konsep kimia yang

lebih kompleks (Mohd Yaacob, 2019; Petterson et al., 2020; Schmidt-Mccormack et al., 2019; Stoyanovich et al., 2014). Pelajar kadangkala sukar memahami definisi asid-bes dan mengaplikasikannya dengan sewajarnya (Schmidt-Mccormack et al., 2019). Beberapa kajian yang telah dibuat mendapati beberapa sub topik sukar iaitu asid kuat, asid lemah, alkali kuat, alkali lemah (Aziz et al., 2019; Mohd Yaacob, 2019), tindak balas kimia asid dan alkali (Baldwin & Orgill, 2019; Hamzah, 2017; Schmidt-Mccormack et al., 2019), tindak balas peneutralan (Mohd Yaacob, 2019; Petterson et al., 2020; Schmidt-Mccormack et al., 2019) sukar menguasai persamaan kimia dalam tindak balas kimia asid-alkali (Baldwin & Orgill, 2019; Petterson et al., 2020; Rahim & Lee, 2021) tidak menguasai asas mol dan kemalaran (Hamzah, 2017; Lim, 2016; Rahim & Lee, 2021) dan menentukan takat akhir tindak balas peneutralan (Nurisa & Arty, 2019; Wahyuni & Purwanto, 2020).

Dapatan kajian Uchegbu (2016) pula menunjukkan subtopik garam dianggap sukar untuk dipelajari kerana pelajar perlu membezakan garam terlarutkan dari garam tidak terlarutkan dan perlu mengingati langkah penyediaan garam terlarutkan yang berbeza (Lim, 2016; Malkoc, 2017). Pelajar masih lemah menguasai hasil pembelajaran penyediaan garam terlarutkan dan tidak terlarutkan garam (Doraiserian, E. R., & Muhamad Damanhuri, 2021). Terdapat juga penyelidikan mengenai tahap penguasaan standard kandungan penyediaan garam yang menunjukkan 80.4% murid dan 86.5% guru bersetuju mengenai kesukaran standard kandungan penyediaan garam yang memerlukan banyak hafalan dan formula serta kekeliruan antara garam terlarutkan dan tidak terlarutkan dan tiada kaedah mengingat yang boleh digunakan pelajar memahami dan menguasai tajuk garam (Lim, 2016; Mat Napes & Mohamad Sharif, 2022). Mengikut kajian-kajian ini pelajar kurang memahami konsep asid-bes, kerana pembelajaran tidak menggunakan kaedah

visualisasi yang boleh menghubungkan fenomena makroskopik yang diperhatikan melalui eksperimen dengan perwakilan sub-mikroskopik yang melibatkan struktur molekul (Nuraida et al., 2021). Ramai pelajar keliru dengan penyampaian pengajaran secara perwakilan yang menggunakan perkataan dan ion-ion untuk menjelaskan konsep asas asid dan bes (Talib et al., 2019).

Menurut Malkoc, 2017, pengajaran dengan kaedah visualisasi sama ada animasi atau grafik 3D adalah lebih jelas dan bersesuaian untuk pengajaran kimia, yang mempunyai aras makroskopik dan sub-mikroskopik khususnya untuk topik ABG. Kaedah konvensional yang berasaskan teks dan perwakilan perkataan memerlukan penerangan yang jelas tentang model yang digunakan dalam buku teks. Perwakilan model menggunakan imej, grafik atau animasi boleh mewakili dengan ringkas apa yang memerlukan penerangan lisan yang panjang. Manusia cenderung mengingat maklumat penting sebagai imej bersifat visual (Taber, 2018). Perkembangan teknologi tiada lagi sempadan, selain animasi, grafik 3D dan video simulasi pendidikan teknologi ke arah media lebih canggih. Kemunculan realiti maya (Virtual Reality, VR) dan realiti berperantaraan (Augmented Reality, AR) menawarkan banyak kelebihan (Taber, 2018). Perkembangan pendekatan teknologi AR dalam pendidikan Kimia tidak dapat dinafikan mempunyai potensi merevolusikan dengan menggalakkan pembelajaran aktif, meningkatkan minat, sikap serta motivasi pelajar seterusnya dapat meningkatkan penguasaan kandungan pelajaran dan prestasi mereka. Aplikasi 'Metaverse; salah satu platform yang menyediakan fungsi AR dengan visualisasi yang bersesuaian dalam pembelajaran kimia wajar diketengahkan sebagai media pembelajaran baharu.

Persediaan menghadapi IR 4.0 memerlukan kerja keras bagi mendorong pelajar untuk menyertai bidang STEM dan seterusnya memilih bidang STEM sebagai

kerjaya (Mohtar et al., 2019). Tenaga kerja yang berkemahiran dan berpengetahuan dalam bidang STEM dianggap lebih penting berbanding sebelumnya untuk memacu inovasi serta terus bertahan dengan kesan IR 4.0 (Mohtar et al., 2019). Terdapat perbezaan pertumbuhan dalam kekosongan jawatan yang berkaitan STEM menunjukkan peningkatan permintaan untuk pakar STEM. Bidang kimia tidak terkecuali memerlukan lebih ramai graduan untuk memasuki tenaga kerja mahir dalam bidang kimia. Namun begitu, terdapat sebahagian kumpulan graduan yang memilih bidang kimia berkecenderungan yang tinggi dalam minat kerjaya sebagai penyelidik, guru dan ahli akademik dan mempunyai keyakinan yang lebih positif untuk memilih jawatan dalam bidang penyelidikan, pengajaran dan pementoran (Howe et al., 2022). Pemilihan kerjaya sains, teknologi, kejuruteraan, dan matematik (STEM) serta kimia khususnya telah menurun, dan ini menghalang pembangunan ekonomi mampan di seluruh dunia.

STEM telah di implementasi dalam banyak negara. Malaysia juga tidak ketinggalan. Permasalahan dengan mengimplementasikan STEM adalah untuk diintegrasikan ke semua disiplin dalam satu konteks (English and King, 2019; Karpudewan et al., 2022). Menurut sorotan kajian pendidikan STEM, pelbagai strategi pendekatan STEM telah memberi pelbagai kesan yang positif di dalam negara (Adnan et al., 2016; Hung, 2013; Lou et al., 2017; Mohd Shahali et al., 2017) dan di luar negara (Dickerson et al., 2016; S. J. Lou et al., 2017; Septiani & Rustaman, 2016). Berdasarkan statistik kemerosotan peratusan pelajar ke aliran sains telah menjadi isu kritikal dan sering diperdebatkan oleh para ilmunan pada masa kini bukan sahaja di Malaysia bahkan di luar Negara (Akram et al., 2017; Bani, 2020; Khamis & Phang, 2021). Di Lahore, Pakistan, penyelidik mendapati, pelajar kurang berminat dalam kimia, terdapat berbagai faktor punca pelajar yang lebih berusia kurang berminat

dengan kursus kimia berbanding pelajar yang lebih muda (Akram et al., 2017). Faktor-faktor yang mempengaruhi minat termasuk ciri-ciri peribadi pemilihan, skop profesion kimia, pengalaman pembelajaran, kaedah pengajaran, sumber dan BBM (Akram et al., 2017; Bani, 2020; Çiçek & İlhan, 2017; Igboanugo, 2021).

Di Malaysia tahap keyakinan pelajar yang rendah serta menghadapi kesukaran pembelajaran dalam mata pelajaran sains dan matematik di peringkat menengah rendah menjadi faktor utama pelajar tidak memilih aliran sains walaupun mempunyai minat yang positif dalam bidang sains dan matematik (Mohd Yaacob, 2019; Phang et al., 2014). Pengalaman pembelajaran di peringkat menengah rendah mempengaruhi pemilihan bidang di peringkat menengah atas (Ibrahim & Hj Iksan, 2018). Kesukaran mempelajari mata pelajaran kimia menjadi salah satu faktor penting yang mempengaruhi minat pelajar telah menjadi masalah yang dikemukakan mengenai prestasi pelajar yang merosot dalam ujian Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS) dan Programme International Student Assessment (PISA) (Wong & Kamisah Osman, 2018). Kekurangan minat pelajar sekolah menengah untuk mengikuti mata pelajaran kimia adalah satu masalah yang sangat meruncing di Malaysia (Horvath & Barrangou, 2010; Tiny Chiu Yuen Tey et al., 2019). Sekiranya masalah ini tidak diatasi secepat mungkin ia akan menyumbang kepada bergantungannya Malaysia kepada pekerja dari luar negara untuk mengisi keperluan. Menurut Ibrahim & Hj Iksan, 2018, pelajar tidak berminat dengan pelajaran kimia, mereka lebih cenderung untuk pasif, tidak terlibat dalam pembelajaran dan melakukan perkara lain yang boleh mengganggu dan menjejaskan pembelajaran. Oleh itu, pembelajaran kimia memerlukan media pembelajaran yang dapat mewujudkan persekitaran pembelajaran yang menyeronokkan bagi meningkatkan kecenderungan penglibatan pelajar secara aktif dan mewujudkan persepsi positif semasa pembelajaran.

'*Metaverse*' dapat menyediakan peluang mengintegrasikan pendekatan STEM sebagai satu inisiatif baharu tetapi setakat ini belum ada dapatan kajian penggunaan *Metaverse* dalam konteks pembelajaran kimia khususnya bagi topik sukar ABG. Walaupun pelbagai usaha kajian lepas untuk mengatasi permasalahan telah dijalankan, kesukaran pembelajaran konsep ABG masih wujud hingga kini maka, pendekatan STEM berasaskan *Metaverse* digunakan untuk pembelajaran konsep ABG dalam kajian ini.

1.4 Objektif Kajian

Dalam kajian ini, beberapa objektif telah dikenal pasti:

- 1A Untuk mengukur keberkesanan STEM *Metaverse* terhadap kefahaman pelajar dalam konsep asid, bes dan garam.
 - a. Untuk mengukur keberkesanan STEM *Metaverse* terhadap kefahaman sifat kimia asid dan sifat kimia alkali.
 - b. Untuk mengukur keberkesanan STEM *Metaverse* terhadap kefahaman kekuatan asid dan alkali
 - c. Untuk mengukur keberkesanan STEM *Metaverse* terhadap kefahaman tindak balas peneutralan
 - d. Untuk mengukur keberkesanan STEM *Metaverse* terhadap kefahaman penyediaan garam
- 1B Untuk memahami sejauh manakah pelajar menguasai konsep asid, bes dan garam dengan STEM *Metaverse*.
- 2A Untuk mengukur keberkesanan STEM *Metaverse* terhadap minat kerjaya STEM pelajar.

- a. Untuk mengukur keberkesanan STEM *Metaverse* terhadap keberkesanan diri pelajar dalam mempengaruhi minat kerjaya STEM.
 - b. Untuk mengukur keberkesanan STEM *Metaverse* terhadap matlamat peribadi pelajar dalam mempengaruhi minat kerjaya STEM.
 - c. Untuk mengukur keberkesanan STEM *Metaverse* terhadap jangkaan hasil pelajar dalam mempengaruhi minat kerjaya STEM.
 - d. Untuk mengukur keberkesanan STEM *Metaverse* terhadap minat bidang STEM pelajar dalam mempengaruhi minat kerjaya STEM.
 - e. Untuk mengukur keberkesanan STEM *Metaverse* terhadap sokongan kontekstual pelajar dalam mempengaruhi minat kerjaya STEM.
 - f. Untuk mengukur keberkesanan STEM *Metaverse* terhadap input peribadi pelajar dalam mempengaruhi minat kerjaya STEM.
- 2B Untuk memahami sejauh manakah minat kerjaya STEM pelajar Tingkatan 4 dengan STEM *Metaverse*.

1.5 Persoalan Kajian

Bagi memenuhi objektif kajian ini, persoalan kajian yang ingin dikemukakan adalah berkaitan konsep asid bes dan garam iaitu:

- 1A Adakah terdapat perbezaan statistik yang signifikan antara min skor ujian pasca dalam kombinasi linear pemahaman konsep asid, bes dan garam antara kumpulan kawalan yang menggunakan pendekatan *PowerPoint* dan kumpulan eksperimen yang menggunakan pendekatan *STEM Metaverse* selepas skor ujian pra dikawal?
- Adakah terdapat perbezaan statistik yang signifikan antara min skor ujian pasca pemahaman pelajar mengenai sifat kimia asid dan sifat kimia alkali antara kumpulan kawalan dan kumpulan eksperimen selepas skor ujian pra dikawal?
 - Adakah terdapat perbezaan statistik yang signifikan antara min skor ujian pasca pemahaman pelajar mengenai kekuatan asid dan alkali kumpulan kawalan dan kumpulan eksperimen selepas skor ujian pra dikawal?
 - Adakah terdapat perbezaan statistik yang signifikan antara min skor ujian pasca pemahaman pelajar mengenai peneutralan kumpulan kawalan dan kumpulan eksperimen selepas skor ujian pra dikawal?
 - Adakah terdapat perbezaan statistik yang signifikan antara min skor ujian pasca pemahaman pelajar mengenai penyediaan garam kumpulan kawalan dan kumpulan eksperimen selepas skor ujian pra dikawal?

- 1B Bagaimanakah pendekatan STEM *Metaverse* mempengaruhi pemahaman pelajar terhadap konsep asid, bes dan garam?
- 2A Adakah terdapat perbezaan statistik yang signifikan min skor ujian pasca dalam kombinasi linear terhadap minat kerjaya STEM pelajar Tingkatan 4 antara kumpulan kawalan yang menggunakan pendekatan *PowerPoint* dan kumpulan eksperimen yang menggunakan pendekatan STEM *Metaverse* selepas skor ujian pra dikawal?
- Adakah terdapat perbezaan statistik yang signifikan antara min skor ujian pasca terhadap keberkesanan diri pelajar dalam mempengaruhi minat kerjaya STEM kumpulan kawalan dan kumpulan eksperimen selepas skor ujian pra dikawal?
 - Adakah terdapat perbezaan statistik yang signifikan antara min skor ujian pasca terhadap matlamat peribadi pelajar dalam mempengaruhi minat kerjaya STEM kumpulan kawalan dan kumpulan eksperimen selepas skor ujian pra dikawal?
 - Adakah terdapat perbezaan statistik yang signifikan antara min skor ujian pasca terhadap jangkaan hasil pelajar dalam mempengaruhi minat kerjaya STEM kumpulan kawalan dan kumpulan eksperimen selepas skor ujian pra dikawal?
 - Adakah terdapat perbezaan statistik yang signifikan antara min skor ujian pasca terhadap minat bidang STEM pelajar dalam mempengaruhi minat kerjaya STEM kumpulan kawalan dan kumpulan eksperimen selepas skor ujian pra dikawal?
 - Adakah terdapat perbezaan statistik yang signifikan antara min skor ujian pasca terhadap sokongan kontekstual pelajar dalam