

**KEBERKESANAN PENDEKATAN STEM
BERSEPADU BERASASKAN MAKMAL DALAM
MENINGKATKAN KEFAHAMAN
ELEKTROKIMIA DAN KEMAHIRAN PROSES
SAINS PELAJAR TINGKATAN EMPAT**

oleh

NOOR HASLINA BINTI DAMAN HURI

Tesis yang diserahkan untuk
memenuhi keperluan bagi
Ijazah Sarjana Sastera

Ogos 2019

PENGHARGAAN

Segala puji bagi Allah S.W.T yang Maha Pemurah lagi Mengasihani. Bersyukur ke hadrat ilahi kerana dengan limpah kurniaNya 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 dan jutaan terima kasih yang tidak terhingga kepada penyelia pembimbing projek sarjana ini, Profesor Madya Dr Mageswary A/P Karpudewan yang telah banyak memberi bimbingan, panduan dan dorongan yang berterusan sepanjang tempoh penyelidikan tesis ini. Tanpa segala tunjuk ajar, bimbingan, nasihat, dan tegurannya sudah tentu saya tidak dapat menyiapkan penulisan ilmiah ini. Perjalanan ini bertambah indah dengan dorongan dan motivasi daripada penyelia untuk menulis artikel. Segala pengorbanannya amat dihargai dan dikenang sepanjang hayat 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, ayah, adik-adik, suami dan anak tersayang di atas segala doa, restu, dan pengorbanan yang diberikan. Segala pahit manis sepanjang perjalanan ini akan ku kenang 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.

ISI KANDUNGAN

PENGHARGAAN	ii
ISI KANDUNGAN	iii
SENARAI JADUAL	viii
SENARAI RAJAH	x
SENARAI SINGKATAN	xi
SENARAI LAMPIRAN	xii
ABSTRAK	xiii
ABSTRACT	xv
BAB 1 PENGENALAN	
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Latar Belakang Kajian	3
1.3 Pernyataan Masalah	9
1.4 Tujuan Kajian	13
1.5 Objektif Kajian	13
1.6 Persoalan Kajian	15
1.7 Hipotesis	17
1.8 Batasan Kajian	19
1.9 Kepentingan Kajian	21
1.10 Definisi Secara Operasi	23
1.11 Kesimpulan	25
BAB 2 SOROTAN KAJIAN	
2.1 Pendahuluan	27
2.2 Perkembangan Pendidikan STEM	27

3.7	Analisis Data	104
3.8	Rawatan	107
3.8.1	Kumpulan Eksperimen	107
3.8.2	Kumpulan Kawalan	111
3.9	Kajian Kualitatif	112
3.9.1	Protokol Temu Bual	113
3.10	Teknik Analisis Data	115
3.11	Kesimpulan	118
BAB 4 DAPATAN KAJIAN		
4.1	Pendahuluan	119
4.2	Kesan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal ke Atas Pemahaman Elektrokimia	120
4.2.1	Analisis Data Kuantitatif Terhadap Pemahaman Elektrokimia	121
4.2.2	Data Deskriptif IDE	122
4.2.3	Homogeniti Varian dan Kovarian serta Homogeniti Regresi Ujian Andaian bagi Analisis MANCOVA	123
4.2.4	Analisis Multivariat Kovarian (MANCOVA) Terhadap Pemahaman Elektrokimia	126
4.2.5	Analisis Temu Bual Elektrokimia	129
	4.2.5(a) Memahami Sifat-Sifat Elektrolit dan Bukan Elektrolit, Menganalisis Proses Elektrolisis Sebatian Lebur	129
	4.2.5(b) Menganalisis Elektrolisis Larutan Akueus	133
	4.2.5(c) Menilai Proses Elektrolisis dalam Industri	137
	4.2.5(d) Menganalisis Sel Kimia, Mensintesis Siri Elektrokimia, Menerapkan Kesedaran serta Mengamalkan Sikap Bertanggungjawab dalam Mengendalikan Bahan Kimia yang Digunakan dalam Siri Elektrokimia	141
	4.2.5(e) Rumusan Dapatan Kuantitatif dan Kualitatif Pemahaman Elektrokimia	146

SENARAI JADUAL

		Muka surat
Jadual 2.1	STEM Bersepadu Berasaskan Makmal dan Teori Aktiviti	68
Jadual 3.1	Pemboleh Ubah Ancaman Dalaman dan Kaedah Pengawalan	89
Jadual 3.2	Sub Skala Objektif Pembelajaran dalam Instrument Diagnostik Elektrokimia	91
Jadual 3.3	Jenis Pemahaman yang Terdapat dalam Item IDE	92
Jadual 3.4	Jadual Spesifikasi Ujian Mengikut Enam Tahap dalam Taksonomi Bloom	92
Jadual 3.5	Jadual Analisis Tugas bagi Setiap Soalan dalam IDE	93
Jadual 3.6	Sub Skala Kemahiran Proses Sains dalam Ujian Kemahiran Proses Sains	99
Jadual 3.7	Garis Panduan Kajian	103
Jadual 3.8	Kaedah Analisis Berdasarkan Persoalan Kajian Aspek Pemahaman	105
Jadual 3.9	Kaedah analisis Berdasarkan Persoalan Kajian Aspek Kemahiran Proses Sains	106
Jadual 3.10	STEM Bersepadu Berasaskan Makmal bagi Elektrolit dan Bukan Elektrolit	108
Jadual 3.11	Pengajaran Tradisional bagi Elektrolit dan Bukan Elektrolit	111
Jadual 3.12	Soalan Temu Bual untuk Meneroka Tahap Kefahaman Pelajar dalam Elektrokimia	114
Jadual 3.13	Soalan Temu Bual untuk Meneroka Kemahiran Proses Sains	114
Jadual 3.14	Kod, Kategori dan Konsep bagi Pemahaman Elektrokimia	116
Jadual 3.15	Kod, Kategori dan Konsep bagi Kemahiran Proses Sains	117
Jadual 4.1	Nilai Skewness dan Kurtosis bagi IDE	121
Jadual 4.2	Statistik Deskriptif Ujian Pra dan Ujian Pasca bagi Empat Sub Skala dalam IDE	122
Jadual 4.3	Nilai ujian Box's M bagi Ekualiti Matriks ^a Kovarian	124

Jadual 4.4	Rumusan Ujian Levene	125
Jadual 4.5	Keputusan MANCOVA Satu Hala	126
Jadual 4.6	Keputusan Univariat	127
Jadual 4.7	Nilai Skewness dan Kurtosis UKPS	148
Jadual 4.8	Statistik Deskriptif Ujian Pra dan Ujian Pasca bagi Lima Sub Skala Dalam UKPS	149
Jadual 4.9	Nilai Ujian Box's M bagi Ekualiti Matriks ^a Kovarian	152
Jadual 4.10	Ujian Levene	153
Jadual 4.11	Keputusan MANCOVA Satu Hala	154
Jadual 4.12	Ujian Univariat	155
Jadual 4.13	Hasil Keseluruhan Kajian	178

SENARAI RAJAH

		Muka surat
Rajah 2.1	Teori Aktiviti Engestrom	65
Rajah 2.2	Teori Aktiviti dalam STEM Bersepadu Berasaskan Makmal	72
Rajah 2.3	Teori Pembelajaran Pengalaman Kolb	76
Rajah 2.4	Kerangka Teori	79
Rajah 2.5	Kerangka Konseptual	81
Rajah 3.1	Reka Bentuk ' <i>Embedded</i> '	84
Rajah 3.2	Reka Bentuk Eksperimen Kuasi	86
Rajah 3.3	Contoh soalan dalam Instrumen Diagnostik Elektrokimia	91

SENARAI SINGKATAN

BPK	Bahagian Pembangunan Kurikulum
IDE	Instrument Diagnostik Elektrokimia
KE	Kumpulan Eksperimen
KK	Kumpulan Kawalan
KPM	Kementerian Pendidikan Malaysia
MOE	Ministry of Education
P1	Pelajar A
P2	Pelajar B
P3	Pelajar C
P4	Pelajar D
P5	Pelajar E
SPM	Sijil Pelajaran Malaysia
STEM	Sains, Teknologi, <i>Engineering</i> , Matematik
T1	Temu bual pra
T2	Temu bual pasca
UKPS	Ujian Kemahiran Proses Sains

SENARAI LAMPIRAN

- Lampiran 1 Instrumen Diagnostik Elektrokimia
- Lampiran 2 Ujian Kemahiran Proses Sains
- Lampiran 3 Biodata Guru dan Pensyarah (Kesahan Muka)
- Lampiran 4 Biodata Guru
- Lampiran 5 Panduan Guru STEM Bersepadu Berasaskan Makmal Elektrokimia
- Lampiran 6 Panduan Guru Pengajaran Tradisional Elektrokimia
- Lampiran 7 Skema Jawapan Bagi IDE
- Lampiran 8 Skema Jawapan Bagi UKPS
- Lampiran 9 Rancangan Pengajaran STEM Bersepadu Berasaskan Makmal
- Lampiran 10 Rancangan Pengajaran Tradisional
- Lampiran 11 Borang Penilaian Guru
- Lampiran 12 Q-Q Plot Bagi Pemahaman Elektrokimia
- Lampiran 13 Q-Q Plot Bagi Kemahiran Proses Sains
- Lampiran 14 Transkrip Temu Bual 1 dan 2 Bagi Kumpulan Eksperimen dan Kumpulan Kawalan

**KEBERKESANAN PENDEKATAN STEM BERSEPADU
BERASASKAN MAKMAL DALAM MENINGKATKAN KEFAHAMAN
ELEKTROKIMIA DAN KEMAHIRAN PROSES SAINS PELAJAR
TINGKATAN EMPAT**

ABSTRAK

Kajian ini mengetengahkan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal dalam pengajaran dan pembelajaran Elektrokimia dan keberkesanan eksperimen STEM Bersepadu Berasaskan Makmal dalam meningkatkan pemahaman konsep elektrokimia dan kemahiran proses sains dalam kalangan pelajar Tingkatan Empat diukur. Eksperimen yang direncanakan dalam STEM Bersepadu Berasaskan Makmal adalah berdasarkan konteks dunia semasa yang menyepadukan keempat-empat bidang STEM melalui trans disiplin dan pengintegrasian enam elemen "*Framework for STEM Integration in the Classroom*". Kajian ini menggunakan reka bentuk gabungan *embedded* yang melibatkan kuasi eksperimen untuk mendapatkan data kuantitatif daripada 115 orang pelajar Tingkatan Empat (55 orang KE dan 60 orang KK) daripada kumpulan eksperimen dan kawalan. Data kualitatif temu bual berfokus didapatkan daripada 10 orang pelajar (5 orang KE dan 5 orang KK). Instrumen Diagnostik Elektrokimia dan Ujian Kemahiran Proses Sains digunakan dalam ujian pra dan ujian pasca untuk mendapatkan data kualitatif. Ujian Multivariat Kovarian (MANCOVA) menunjukkan bahawa STEM Bersepadu Berasaskan Makmal adalah berkesan bagi meningkatkan pemahaman pelajar dalam Elektrokimia (*Wilk's Lambda* = 0.835; $F(4,109)=5.371$; $p<.05$, eta kuasa dua=0.165) dengan 17% perbezaan antara min skor ujian pra dan ujian pasca bagi keempat-empat sub skala adalah disebabkan oleh kesan rawatan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal. STEM Bersepadu Berasaskan

Makmal juga berkesan dalam meningkatkan kemahiran proses sains (*Wilk's Lambda* = 0.816; $F(4,108)=4.873$; $p<.05$, separa persegi $\eta^2=0.184$) dengan 18% perbezaan antara min skor ujian pra dan ujian pasca bagi kelima-lima sub skala adalah disebabkan oleh kesan rawatan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal. Dapatan kualitatif menunjukkan bahawa terdapat pemahaman yang lebih mendalam dalam kalangan pelajar bagi Elektrokimia dan kemahiran proses sains. Pelajar menerangkan pemahaman mereka dalam Elektrokimia dan kemahiran proses sains dengan lebih terperinci dan spesifik semasa temu bual dijalankan. Kesimpulannya, eksperimen yang terkandung dalam STEM Bersepadu Berasaskan Makmal merupakan satu pendekatan terbaharu yang boleh dilaksanakan dalam pengajaran dan pembelajaran untuk meningkatkan pemahaman pelajar dalam Elektrokimia dan kemahiran proses sains. Eksperimen yang terdapat dalam STEM Bersepadu Berasaskan Makmal melibatkan kesemua empat bidang STEM dan sesuai dengan kurikulum semasa Kimia.

**THE EFFECTIVENESS OF INTEGRATED STEM LABORATORY
BASED APPROACH IN IMPROVING FORM FOUR STUDENTS'
UNDERSTANDING OF ELECTROCHEMISTRY AND SCIENCE PROCESS
SKILLS**

ABSTRACT

The study introduced Laboratory-Based Integrated STEM in teaching and learning of electrochemistry concepts and the effectiveness of the laboratory experiments in enhancing acquisition of electrochemistry concepts and science process skills among form four students were measured. The experiments planned in the Laboratory Based Integrated STEM are based on the current world context that integrates all four STEM fields through transdisciplinary and integrating the six "Framework for STEM Integration in the Classroom" elements. For this purpose, the study employed embedded design involving both quantitative and qualitative data collections. A total of 115 Form Four students (55 EG and 60 CG) were involved in quantitative quasi-experimental study. Electrochemistry Diagnostic Instruments and Science Process Skills Test were used to collect quantitative data before and after the experiments from both experimental and control groups. The Multivariate Analysis of Covariance Test (MANCOVA) shows that Laboratory-Based Integrated STEM are effective in improving student understanding in Electrochemistry (Wilk's Lambda = 0.835; $F(4,109) = 5.371$; $p < .05$, that is squared = 0.165). The higher post-test scores for all four sub-scales are explained by the Laboratory-Based Integrated STEM treatment. The Laboratory-Based Integrated STEM is also effective in improving science process skills (Wilk's Lambda = 0.816; $F(4,108) = 4.873$; $p < .05$, partial square = 0.184) with 18 percent difference between pre-test score and post-test for five sub-

scales are explained by Laboratory-Based Integrated STEM treatment. Qualitative findings show that there is an in-depth understanding of the concepts and explanation of SPS. Students explain their understanding in Electrochemistry and the science process skills in more detail and specifics during interviews. In conclusion, the experiments contained in the Laboratory Based Integrated STEM are the latest approaches that can be implemented in teaching and facilitating students to enhance students' understanding in Electrochemistry and science process skills. Experiments found in the Laboratory-Based Integrated STEM involve all four STEM fields and fit into the current curriculum of chemistry.

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Pendahuluan

Tonggak kemajuan ekonomi pada masa hadapan dan pelbagai jenis pekerjaan yang melibatkan inovasi adalah sebahagian besarnya berasal daripada kemajuan sains, teknologi, matematik dan kejuruteraan (STEM) (National Research Council, 2011). Tenaga kerja yang berasaskan STEM secara tidak langsung menjadi penentu kemajuan ekonomi serta kesejahteraan negara dan untuk terus kekal berdaya saing dalam persaingan global masa kini (Mohd Shahali, Halim, Rasul, Osman, & Zulkifeli, 2017). Selaras dengan ini Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia 2013 - 2025, Kementerian Pendidikan telah memberi penekanan terhadap kepentingan perlaksanaan STEM dalam bidang pendidikan (Ministry of Education Malaysia (MoE), 2015) sebagai persediaan untuk pelajar meningkatkan kemahiran dalam bidang STEM bagi menghadapi pelbagai cabaran dalam abad ke 21.

Pendekatan STEM telah mula diperkenalkan dalam pelbagai subjek seperti matematik (Han, Rosli, Capraro, & Capraro, 2016; Kertil & Gurel, 2016), sains (Asghar, Ellington, Rice, Johnson, & Prime, 2012; Cotabish, Robinson, Dailey, & Hughes, 2013) dan pelbagai pedagogi telah digunakan seperti pembelajaran STEM berasaskan projek (Capraro & Jones, 2013; Capraro, Capraro, Morgan, & Slough, 2013; Tseng, Chang, Lou, & Chen, 2013), STEM berasaskan masalah (Asghar et al., 2012; Estes, Liu, Zha, & Reedy, 2014) dan STEM berasaskan inkuiri melalui makmal maya (Govaerts et al., 2013).

Dalam pengajaran dan pembelajaran sains, kerja amali memainkan peranan yang amat penting (Ibrahim, Surif, Khew, & Yaakub, 2014; Treagust, Mthembu, & Chandrasegaran, 2014). Kerja amali membolehkan pelajar mempelajari konsep sains tersebut dalam konteks dunia sebenar (Abrahams, 2011; Abungu, Okere, & Wachanga, 2014; Lunetta, Hofstein, & Clough, 2007; Wan Husin et al., 2016). Konsep sains yang dikenal pasti secara teori diasas dengan mengaplikasikan teori tersebut sewaktu kerja amali (Abrahams, 2011; Abrahams & Reiss, 2015). Apabila pelajar melibatkan diri secara langsung dalam menyiasat sesuatu konsep secara kerja amali, secara tidak langsung, pembentukan kemahiran saintifik berlaku. Dalam erti kata lain, kerja amali dan kemahiran saintifik adalah saling berkait.

Memandangkan pendidikan STEM merupakan perkembangan semasa pendidikan sains dalam abad ke 21 dan kerja amali merupakan komponen utama pembelajaran konsep sains, adalah wajar untuk memperkenalkan pedagogi STEM Bersepadu Berasaskan Makmal. Elektrokimia adalah satu topik yang menjadi asas kepada pembelajaran mata pelajaran kimia. Konsep elektrokimia yang dipelajari pada peringkat sekolah menengah memberi pengetahuan yang kukuh untuk mempelajari elektrokimia di peringkat yang lebih tinggi (Abd Ghani, Ibrahim, Yahaya, & Surif, 2017; Nias, 2002; Tarkin & Uzuntiryaki-Kondakci, 2017). Selain dari itu, konsep elektrokimia adalah saling berkait dengan kehidupan seharian pelajar (Acar & Tarhan, 2007). Justeru, konsep ini perlu disampaikan dengan menggunakan pedagogi yang sesuai yang membolehkan pelajar menghayati kegunaan konsep ini dalam kehidupan harian dan juga pedagogi tersebut memberi ruang untuk menguasai konsep tersebut dengan sepenuhnya.

Kini kerja amali merupakan strategi yang digunakan dalam pengajaran dan pembelajaran elektrokimia (Hendel & Young, 2016; Supasorn, 2015; Supasorn, Khattiyavong, Jarujamrus, & Promarak, 2014). Oleh itu, penggunaan eksperimen STEM Bersepadu Berasaskan Makmal adalah sejajar dengan dapatan kajian yang menunjukkan kerja amali adalah strategi yang sesuai untuk menyampaikan konsep elektrokimia pada peringkat sekolah menengah. Konteks eksperimen STEM Bersepadu Berasaskan Makmal juga memberi ruang kepada kemahiran proses sains. Ini adalah kerana kemahiran saintifik dan kerja amali adalah sangat berkait antara satu sama lain (Abrahams, Reiss, & Sharpe, 2013; Abungu et al., 2014).

Justeru dalam kajian ini, pendekatan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal diperkenalkan untuk mempelajari konsep elektrokimia. Selain dari itu, keberkesanan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal dalam meningkatkan pemahaman konsep elektrokimia dan kemahiran proses sains dalam kalangan pelajar telah diukur.

1.2 Latar Belakang Kajian

“Pendidikan di Malaysia adalah suatu usaha berterusan ke arah lebih memperkembangkan lagi potensi individu secara menyeluruh dan bersepadu untuk melahirkan insan yang seimbang dan harmonis dari segi intelek, rohani, emosi dan jasmani berdasarkan kepercayaan dan kepatuhan kepada Tuhan. Usaha ini adalah bertujuan untuk melahirkan warganegara Malaysia yang berilmu pengetahuan, berketerampilan, berakhlak mulia, bertanggungjawab dan berkeupayaan mencapai kesejahteraan diri serta memberi sumbangan terhadap keharmonian dan kemakmuran keluarga, masyarakat dan negara” (Kementerian Pendidikan Malaysia, 2001). Seajar

dengan itu, perkembangan pendidikan sains di Malaysia sentiasa berevolusi dan melalui pelbagai fasa pembaharuan sejak dari zaman dahulu.

Kimia merupakan salah satu subjek yang ditawarkan kepada pelajar aliran sains tulen dan teknikal di peringkat menengah atas. Pelajar mempelajari mata pelajaran Kimia selama dua tahun dan selepas itu mereka akan menduduki peperiksaan Sijil Pelajaran Malaysia. Kurikulum Kimia digubal berdasarkan empat tema iaitu, memperkenalkan kimia, jirim di sekeliling kita, interaksi antara bahan kimia serta penghasilan dan pengurusan bahan kimia. Bagi pelajar Tingkatan Empat sains tulen, mereka perlu mendalami sembilan bidang pembelajaran yang terkandung dalam mata pelajaran ini termasuklah elektrokimia. Berdasarkan kurikulum ini, kemahiran saintifik yang merangkumi kemahiran proses sains dan kemahiran manipulatif turut dititikberatkan (BPK, 2012).

Elektrokimia adalah konsep kimia yang dipelajari di peringkat menengah atas (Bong & Lee, 2016). Elektrokimia merupakan topik yang sangat penting dalam mata pelajaran kimia dan penggunaannya yang sangat meluas dalam kehidupan kita seharian namun ianya bukan sahaja dianggap susah oleh pelajar malah guru juga merasakan topik ini adalah sukar untuk diajar (Rollnick & Mavhunga, 2014). Terdapat tujuh konsep kimia yang terkandung dalam huraian sukatan pelajaran kimia bagi topik ini dan di samping itu pelajar perlu mempelajari dua belas kemahiran proses sains semasa di Tingkatan Empat (BPK, 2012). Tujuh konsep ini digabungkan menjadi empat konsep mengikut kesesuaian iaitu 1) elektrolit, bukan elektrolit dan elektrolisis sebatian lebur, 2) elektrolisis larutan akueus, 3) elektrolisis dalam industri 4) sel kimia, siri elektrokimia dan kesedaran serta mengamalkan sikap bertanggungjawab dalam mengendalikan bahan kimia yang digunakan dalam siri elektrokimia (BPK, 2012).

Pelbagai teknik yang digunakan dalam mengajar topik ini seperti pengajaran melalui kitar 5E (Karsli & Çalik, 2012; Supasorn, 2015), arahan berasaskan kajian kes (Tarkin & Uzuntiryaki-Kondakci, 2017), penggunaan multimedia (Lee & Osman, 2012a), makmal maya (Hawkins & Phelps, 2013), teknik ramal, perhati, dan terang (Karamustafaoğlu & Mamlok-Naaman, 2015), aktiviti makmal berasaskan inkuiri (Acar Sesen & Tarhan, 2013) serta banyak lagi yang boleh dipraktikkan.

Kerja amali sememangnya tidak dapat dipisahkan dengan elektrokimia (Abd Ghani et al., 2017; Chatmontree et al., 2015; Supasorn, 2015; Tafa, 2012). Melalui kerja amali, perkembangan kognitif pelajar dapat ditingkatkan (Abd Ghani et al., 2017) dan kemahiran proses sains pelajar menjadi lebih baik (Rukiyah, Marlina, & Mohammad Kanedi, 2017). Kemahiran proses sains ini boleh dipelajari melalui kerja amali di dalam makmal sains (Schwichow, Zimmerman, Croker, & Härtig, 2016). Kemahiran proses sains adalah suatu kemahiran yang penting dalam setiap penyiasatan yang dijalankan bagi subjek yang berteraskan sains (Mohd Shahali & Halim, 2010; Ong et al., 2012). Kemahiran proses sains terdiri daripada kemahiran proses sains asas dan kemahiran proses sains bersepadu (Kurikulum Bersepadu Sekolah Menengah, 2012). Kemahiran proses sains asas terdiri daripada memerhati, mengelas, meramal, mengukur dan menggunakan nombor, berkomunikasi, membuat inferens, menggunakan perhubungan ruang dan masa manakala kemahiran proses sains bersepadu iaitu mentafsir data, mendefinisikan secara operasi, mengawal pemboleh ubah, membuat hipotesis, mengeksperimenkan (BPK, 2012) di samping kemahiran manipulatif. Dalam kurikulum kimia Malaysia kemahiran proses sains bersepadu digunakan sepenuhnya dalam pembelajaran kimia dan diuji di dalam SPM melalui kertas 3 (BPK, 2012).

Pendekatan berasaskan STEM mempunyai pelbagai definisi (Breiner, Harkness, Johnson, & Koehler, 2012; Gonzalez & Kuenzi, 2012; Jayarajah, Mohd Saat, & Abdul Rauf, 2014; Sanders, 2008). Salah satu definisi adalah pembelajaran yang melibatkan dua atau lebih elemen Sains, Teknologi, Kejuruteraan dan Matematik (Kelley & Knowles, 2016). Sains merupakan konsep, fakta, prinsip yang dipelajari daripada alam sekeliling, matematik adalah corak hubungan di antara nombor, kuantiti dan bentuk, teknologi meliputi keseluruhan sistem manusia dan organisasi yang terdiri daripada pengetahuan, proses, peranti yang berkaitan teknologi, kejuruteraan merupakan proses untuk menyelesaikan masalah, penciptaan produk dan pengetahuan tentang reka bentuk (National Research Council, 2012).

Pendekatan STEM secara trans disiplin menggabungkan sekurang-kurangnya dua bidang STEM tersebut dan menekankan penyelesaian masalah berkaitan dunia sebenar agar pelajar dapat menggunakan pengetahuan dan kemahiran bagi menyelesaikan masalah dengan baik melalui pengalaman yang diperoleh semasa pembelajaran (Vasquez, Sneider, & Comer, 2013). Pendekatan STEM Bersepadu bukan sahaja berasaskan kepada trans disiplin malah pembelajaran bermakna berlaku dengan pengintegrasian enam elemen yang diutarakan oleh Moore et al. (2016) dalam "*Framework for STEM Integration in the Classroom*". Enam elemen tersebut adalah pembelajaran bermakna, pendekatan reka bentuk kejuruteraan, pendekatan reka bentuk teknologi, mengintegrasikan sains dan matematik, pembelajaran aktif dan kerjasama serta komunikasi dalam kalangan pelajar (Moore et al., 2016).

Apabila konsep elektrokimia disampaikan dengan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal, pembelajaran secara trans disiplin berlaku apabila pelajar mengeksplorasi penggunaan teknologi dalam menyelesaikan masalah dengan menggunakan pemikiran

dan reka bentuk kejuruteraan (*engineering design and thinking*). Pengetahuan elektrokimia yang merangkumi konsep sains dan matematik menjadi asas bagi membantu pelajar dalam mengeksplorasi teknologi dan pemikiran serta reka bentuk kejuruteraan. Pembelajaran trans disiplin ini juga merupakan pembelajaran bermakna apabila teknologi dieksplorasi, pemikiran dan reka bentuk kejuruteraan adalah berpusat kepada pelajar dan pelajar berkomunikasi dalam menyelesaikan masalah.

Dapatan kajian lepas menunjukkan kepentingan pelajar untuk dilibatkan dalam pendidikan STEM bagi melahirkan pelajar yang berkemahiran dan berinovasi untuk mencipta dengan menggunakan elemen STEM untuk menyelesaikan masalah berkaitan dunia sebenar (Kennedy & Odell, 2014) di samping melahirkan generasi yang berkolaboratif, kreatif dan berfikiran analitik (Burrows & Slater, 2015). Pelaksanaan pendidikan STEM telah mendokumenkan pelbagai impak positif seperti persepsi (Beier et al., 2019; Chew, Idris, & Leong, 2014), minat (Hashim, Ali, & Shamsudin, 2017; Mohd Shahali et al., 2017), pencapaian akademik (Lee & Osman, 2015; Lou, Chou, Shih, & Chung, 2017), kemahiran abad ke-21 (Wan Husin et al., 2016), mencipta dan berinovasi (Kennedy & Odell, 2014).

Terdapat kajian yang menunjukkan pendekatan STEM adalah salah satu strategi yang boleh meningkatkan kefahaman pelajar (Adnan et al., 2016; Hung, 2013; Lou et al., 2017). Pendekatan STEM juga menunjukkan kesan yang positif dari aspek minat pelajar terhadap subjek yang berkaitan dengan STEM (Mohd Shahali et al., 2017). Sebagai contoh, pendekatan BTEM dalam subjek Biologi membantu pelajar membina pemahaman tentang sesuatu pengetahuan secara sendiri kerana ia melibatkan aktiviti secara praktikal dan pemikiran (Lee & Osman, 2013). Di Indonesia pula, penemuan penyelidikan menunjukkan bahawa pelaksanaan penilaian prestasi

dalam pendidikan STEM bagi pelajar vokasional terhadap kemahiran proses sains pelajar adalah lebih baik (Septiani & Rustaman, 2017). Pendekatan STEM berasaskan projek juga menambahkan pengalaman pelajar dalam menjalankan kerja praktikal, membantu pelajar untuk mengintegrasikan dan menggunakan pengetahuan mereka berkaitan sains, matematik, kejuruteraan dan teknologi dalam menghasilkan sesuatu inovasi baru melalui penambahbaikan (Lou et al., 2017). Selain itu, pedagogi berasaskan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Art, Mathematic*) (Jho, Hong, & Song, 2016; Madden et al., 2013), iSTEM (*Instrumental STEM*) (Dickerson, Cantu, Hathcock, McConnell, & Levin, 2016) mula mendapat perhatian.

Impak positif yang disenaraikan dihasilkan dengan pelbagai pendekatan STEM yang telah diperkenalkan seperti STEM berasaskan projek (Capraro et al., 2013; Erdogan, Navruz, Younes, & Capraro, 2016; Han, Yalvac, Capraro, & Capraro, 2015), STEM berasaskan masalah (Cooper & Heaverlo, 2013; Han et al., 2016) dan juga STEM berasaskan inkuiri (Duran & Sendag, 2012; Govaerts et al., 2013). Pedagogi ini diperkenalkan untuk membantu pelajar meminati bidang STEM (Mohd Shahali et al., 2017; Tseng et al., 2013) dan meneruskan kerjaya dalam bidang ini (Connors-Kellgren, Parker, Blustein, & Barnett, 2016; Mohd Shahali et al., 2017; Tseng et al., 2013).

Di Malaysia pendidikan STEM telah mula berkembang pesat daripada peringkat taska (Adnan et al., 2016), persekolahan (Hashim et al., 2017; Hung, 2013; C. H. Lee & Osman, 2015; Mohd Shahali, Halim, Rasul, et al., 2017; Zahrinan & Rasul, 2017) sehingga ke peringkat universiti. Ini sejajar dengan usaha KPM memperkenalkan STEM dalam pendidikan di Malaysia dengan menyediakan panduan khusus kepada guru-guru (BPK, 2016). Pihak KPM juga telah membekalkan modul

STEM kepada guru-guru untuk beberapa mata pelajaran yang terlibat (BPK, 2016). Satu kajian perspektif berkaitan perkembangan pendidikan STEM di Malaysia telah dijalankan bermula tahun 1999 sehingga 2013 yang menunjukkan pelbagai usaha telah dijalankan dan adanya dokumentasi berkaitan STEM terhadap pencapaian pelajar dan penerapan disiplin STEM (Jayarajah et al., 2014).

Elektrokimia yang memerlukan pelajar melakukan kerja amali, maka STEM berasaskan makmal dibuat bagi meningkatkan pemahaman dan kemahiran proses sains pelajar. Lebih-lebih lagi, pendekatan STEM Bersepadu pada peringkat persekolahan didapati masih kurang diketengahkan (Bunyamin, 2015; Jayarajah et al., 2014) terutamanya STEM berasaskan makmal tidak diperkenalkan lagi dalam konteks pendidikan di Malaysia khususnya dalam pengajaran di makmal sekolah.

1.3 Pernyataan Masalah

Kajian lepas menunjukkan kebiasaannya pelajar menghadapi kesukaran untuk menguasai topik elektrokimia (Bong & Lee, 2016; Lee & Osman, 2012b). Pelajar sekolah menengah mengklasifikasikan topik ini antara yang paling sukar dalam mata pelajaran Kimia (Lee & Osman, 2012a; Bakar & Mukhtar, 2011). Tahap kefahaman pelajar yang rendah akibat miskonsepsi yang agak ketara berlaku di kalangan pelajar sekolah menengah di Malaysia disebabkan kesukaran memahami konsep elektrokimia (Bong & Lee, 2016; Osman & Lee, 2014; Sia, Treagust, & Chandrasegaran, 2012) yang terkandung dalam topik tersebut. Mengikut Bong dan Lee (2016), dalam kajian yang dijalankan dengan 60 orang pelajar Tingkatan Empat daripada dua buah sekolah di daerah Sibu, Sarawak didapati pelajar mempunyai miskonsepsi tentang elektrolisis khususnya penentuan hasil di katod dan anod bagi tindak balas yang berlaku dalam

elektrolisis leburan dan larutan akueus, penentuan katod dan anod dalam sel elektrolisis serta masalah menulis persamaan kimia yang seimbang dalam topik ini. Selain itu juga, simbol kimia dan nombor pengoksidaan bagi ion masih belum diingati, formula kimia bagi sebatian ion dalam elektrolit tidak ditulis dengan tepat, konsep elektrolisis, menulis persamaan sel kimia dan kereaktifan logam dalam siri elektrokimia masih ditahap lemah (Bakar & Mustafa, 2008; Bakar & Mukhtar, 2011).

Kajian yang dijalankan oleh Sidek (2012) turut menyatakan beberapa miskonsepsi yang wujud dalam menentukan jenis tindak balas di anod dan katod, mengenal pasti anod dan katod, konsep pengaliran arus dalam elektrod dan elektrolit dan mengenal pasti tindak balas yang berlaku di anod dan katod. Karsli dan Çalik (2012) telah menganalisis artikel-artikel berhubung dengan elektrokimia dan menyimpulkan bahawa terdapat miskonsepsi yang utama seperti anod adalah elektrod positif, sel penurunan yang menerima elektron, jisim bertambah terhadap masa, katod adalah elektrod negatif, sel pengoksidaan adalah kehilangan elektron, jisim berkurang terhadap masa, titian garam membenarkan elektron bergerak dari anod ke katod, menyediakan ion yang bersesuaian untuk bergerak daripada katod ke anod, membenarkan kation bergerak ke anod dan anion bergerak ke katod dan masalah dalam menulis tindak balas yang berlaku di sel dengan tepat.

Miskonsepsi ini juga turut menjadi perhatian di tempat lain seperti di Indonesia, Jepun (Rahayu, Chandrasegaran, Treagust, Kita, & Ibnu, 2011), Thailand (Supasorn, 2015), Oman (Al-balushi, Ambusaidi, Al-shuaili, & Taylor, 2012), Pakistan (Akram, Surif, & Ali, 2014) dan Singapura (Loh, Subramaniam, & Tan, 2014). Berdasarkan semua kajian di atas adalah dikenalpasti bahawa miskonsepsi yang dikaji hanya menjurus kepada konsep elektrolisis dalam subtopik leburan dan larutan

akues (Bong & Lee, 2016), konsep asas elektrolisis yang merangkumi sifat elektrolit dan bukan elektrolit, proses elektrolisis dalam leburan, larutan akues serta dalam industri (Sia et al., 2012), konsep elektrokimia, pemilihan ion dan persamaan kimia (Bakar & Mustafa, 2008). Kajian oleh Bakar dan Mukhtar (2011) pula berkaitan konsep elektrolisis dalam sebatian lebur dan faktor penyumbang masalah dalam elektrokimia. Setakat ini tidak ada lagi kajian yang menyeluruh dan meliputi kesemua tujuh konsep elektrokimia yang disenaraikan dalam huraian sukatan pelajaran kimia (BPK, 2012).

Berdasarkan kajian-kajian lepas, miskonsepsi di kalangan pelajar adalah disebabkan oleh teknik pengajaran atau pedagogi guru yang kurang sesuai (Avargil, Herscovitz, & Dori, 2012; Çalik & Ayas, 2005; Ginns & Watters, 1995; Gunyou, 2015; Iksan & Daniel, 2015; Phang, Abu, Ali, & Salleh, 2014; Rollnick & Mavhunga, 2014). Pelbagai pedagogi yang dicadangkan adalah seperti penggunaan agen pedagogi berunsurkan multimedia (Lee & Osman, 2012b), jigsaw, simulasi, animasi serta makmal maya (Hawkins & Phelps, 2013), arahan berasaskan kajian kes (Tarkin & Uzuntiryaki-Kondakci, 2017), kitar pembelajaran 5E (Karsli & Çalik, 2012; Supasorn, 2015), pembelajaran koperatif (Abd Halim et al., 2017) dan strategi ramal-perhati-terang (Karamustafaoğlu & Mamlok-Naaman, 2015).

Selain itu, kebanyakan pendidik mengakui kepentingan kemahiran proses sains dalam penyiasatan saintifik dan ianya melibatkan kemahiran kognitif bagi setiap penyiasatan (Özgelen, 2012) namun setiap aktiviti pembelajaran di dalam kelas, kemahiran proses sains ini tidak dilatih dengan baik (Ramayanti, Utari, & Saepuzaman, 2017) dan akhirnya menyebabkan pelajar merasa sukar untuk membentuk pemboleh ubah yang tepat semasa menjalankan penyiasatan (Çil, 2015).

Kerja amali sering kali dibuat secara demonstrasi oleh guru atau pelajar hanya menjalankan eksperimen dengan mengikut prosedur yang telah ditetapkan sahaja umpama mengikut buku resipi masakan (Fuccia, Witteck, Markic, & Eilks, 2012). Tambahan pula, kurangnya peluang untuk pelajar melakukan eksperimen sendiri telah menyebabkan ketidakcekapan dalam kemahiran manipulatif (Mohd Fadzil & Mohd Saat, 2014). Ia turut disokong dalam beberapa kajian lain di mana pelajar menghadapi masalah serta tidak mahir untuk mengguna dan mengendalikan alat radas di makmal dengan betul (Ferris & Aziz, 2005; Grant, 2011; Hamza, 2013; Mohd Fadzil & Mohd Saat, 2014, 2017; Tesfamariam, Lykknes, & Kvittingen, 2017).

Tinjauan literatur pendidikan STEM menunjukkan beberapa pendekatan STEM telah digunakan dan pendekatan ini telah membawa pelbagai impak yang positif di dalam negara (Adnan et al., 2016; Hung, 2013; Lou et al., 2017; Mohd Shahali, Halim, Rasul, et al., 2017) dan di luar negara (Dickerson et al., 2016; Lou et al., 2017; Septiani & Rustaman, 2017). Tetapi pendekatan berasaskan STEM berasaskan makmal adalah satu inisiatif baharu yang belum dilaporkan dalam literatur STEM. Memandangkan permasalahan pembelajaran konsep elektrokimia wujud sehingga kini walaupun pelbagai usaha lepas telah dijalankan maka, STEM Bersepadu Berasaskan Makmal digunakan untuk mengajar konsep elektrokimia.

Ini adalah kerana pemahaman dan kemahiran proses sains khususnya yang melibatkan konsep elektrokimia memerlukan pengajaran dan pembelajaran berasaskan makmal. Tetapi kerja amali yang sedia ada menyebabkan pelajar mengikut prosedur sahaja seperti buku resipi yang terlalu retorik dan tidak direflek kepada situasi semasa telah menyebabkan pelajar gagal menguasai konsep dan kemahiran proses sains. Dengan adanya aktiviti amali, ia berkemungkinan memudahkan pelajar untuk

memperoleh konstruk elektrokimia dengan lebih baik. Aktiviti makmal yang dijalankan turut membantu meningkatkan pemahaman dan kemahiran proses sains pelajar secara optimum.

1.4 Tujuan Kajian

Tujuan kajian ini adalah untuk mengenal pasti kesan pendekatan STEM berasaskan makmal terhadap tahap pemahaman pelajar dalam konsep elektrokimia. Selain itu, kesan pendekatan STEM berasaskan makmal terhadap tahap kemahiran proses sains di kalangan pelajar turut dikaji.

1.5 Objektif Kajian

Dalam kajian ini, beberapa objektif telah dikenal pasti:

- 1A Untuk mengukur keberkesanan pendekatan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal terhadap kefahaman pelajar dalam topik elektrokimia.
 - a. Untuk mengukur keberkesanan pendekatan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal terhadap pemahaman sifat-sifat elektrolit, bukan elektrolit dan proses elektrolisis sebatian lebur.
 - b. Untuk mengukur keberkesanan pendekatan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal terhadap pemahaman proses elektrolisis larutan akueus.
 - c. Untuk mengukur keberkesanan pendekatan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal terhadap pemahaman proses elektrolisis dalam industri.

- d. Untuk mengukur keberkesanan pendekatan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal terhadap pemahaman menganalisis sel kimia, mensintesiskan siri elektrokimia dan kesedaran serta mengamalkan sikap bertanggungjawab dalam mengendalikan bahan kimia yang digunakan dalam siri elektrokimia.
- 1B Untuk memahami sejauh manakah pelajar menguasai konsep elektrokimia dengan penggunaan pendekatan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal.
- 2A Untuk mengukur keberkesanan pendekatan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal terhadap kemahiran proses sains pelajar.
- a. Untuk mengukur keberkesanan pendekatan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal dalam pembentukan hipotesis.
 - b. Untuk mengukur keberkesanan pendekatan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal dalam pembentukan pemboleh ubah.
 - c. Untuk mengukur keberkesanan pendekatan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal dalam pembentukan definisi secara operasi.
 - d. Untuk mengukur keberkesanan pendekatan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal dalam merancang eksperimen.
 - e. Untuk mengukur keberkesanan pendekatan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal dalam mentafsir data.
- 2B Untuk memahami sejauh manakah pelajar menguasai kemahiran proses sains dengan penggunaan pendekatan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal.

1.6 Persoalan Kajian

Bagi memenuhi objektif kajian ini, persoalan kajian yang ingin dikemukakan adalah berkaitan konsep-konsep yang terdapat dalam topik elektrokimia iaitu:

- 1A Adakah terdapat perbezaan statistik yang signifikan dalam kombinasi linear antara kumpulan kawalan dan eksperimen dengan menggunakan pendekatan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal terhadap min skor ujian pasca pemahaman elektrokimia selepas skor ujian pra dikawal?
- Adakah terdapat perbezaan statistik yang signifikan antara min skor ujian pasca pemahaman pelajar mengenai sifat-sifat elektrolit dan bukan elektrolit serta proses elektrolisis sebatian lebur kumpulan kawalan dan eksperimen selepas pengajaran pendekatan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal terhadap selepas skor ujian pra dikawal?
 - Adakah terdapat perbezaan statistik yang signifikan antara min skor ujian pasca pemahaman pelajar mengenai proses elektrolisis larutan akueus kumpulan kawalan dan eksperimen selepas pengajaran menggunakan pendekatan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal selepas skor ujian pra dikawal?
 - Adakah terdapat perbezaan statistik yang signifikan antara min skor ujian pasca pemahaman pelajar mengenai proses elektrolisis dalam industri kumpulan kawalan dan eksperimen selepas pengajaran menggunakan pendekatan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal selepas skor ujian pra dikawal?
 - Adakah terdapat perbezaan statistik yang signifikan antara min skor ujian pasca pemahaman pelajar dalam menganalisis sel kimia,

mensintesis siri elektrokimia dan kesedaran serta mengamalkan sikap bertanggungjawab dalam mengendalikan bahan kimia yang digunakan dalam siri elektrokimia kumpulan kawalan dan eksperimen selepas pengajaran menggunakan pendekatan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal selepas skor ujian pra dikawal?

- 1B Bagaimanakah pelajar memahami konsep elektrokimia melalui pendekatan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal?
- 2A Adakah terdapat perbezaan statistik yang signifikan dalam kombinasi linear antara min skor ujian pasca kemahiran proses sains kumpulan kawalan dan eksperimen selepas pengajaran menggunakan pendekatan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal selepas skor ujian pra dikawal?
- Adakah terdapat perbezaan statistik yang signifikan antara min skor ujian pasca pembentukan hipotesis kumpulan kawalan dan eksperimen selepas pengajaran menggunakan pendekatan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal selepas skor ujian pra dikawal?
 - Adakah terdapat perbezaan statistik yang signifikan antara min skor ujian pasca pembentukan pemboleh ubah kumpulan kawalan dan eksperimen selepas pengajaran menggunakan pendekatan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal apabila skor ujian pra dikawal?
 - Adakah terdapat perbezaan statistik yang signifikan antara min skor ujian pasca pembentukan definisi secara operasi kumpulan kawalan dan eksperimen selepas pengajaran menggunakan

pendekatan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal apabila skor ujian pra dikawal?

- d. Adakah terdapat perbezaan statistik yang signifikan antara min skor ujian pasca dalam merancang eksperimen kumpulan kawalan dan eksperimen selepas pengajaran menggunakan pendekatan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal apabila skor ujian pra dikawal?
- e. Adakah terdapat perbezaan statistik yang signifikan antara min skor ujian pasca dalam menganalisis data kumpulan kawalan dan eksperimen selepas pengajaran menggunakan pendekatan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal apabila skor ujian pra dikawal?

2B Bagaimanakah kemahiran proses sains pelajar dibentuk melalui STEM Bersepadu Berasaskan Makmal?

1.7 Hipotesis

Berdasarkan persoalan kajian, berikut adalah hipotesis yang telah dibuat:

- 1A Tiada perbezaan yang signifikan antara min skor ujian pasca pemahaman elektrokimia antara kumpulan kawalan dan eksperimen selepas pengajaran menggunakan pendekatan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal apabila skor ujian pra dikawal.
 - a. Tiada perbezaan yang signifikan antara min skor ujian pasca pemahaman pelajar mengenai sifat-sifat elektrolit, bukan elektrolit dan proses elektrolisis sebatian lebur antara kumpulan kawalan dan

eksperimen selepas pengajaran menggunakan pendekatan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal apabila skor ujian pra dikawal.

- b. Tiada perbezaan yang signifikan antara min skor ujian pasca pemahaman pelajar mengenai proses elektrolisis larutan akueus dan proses elektrolisis dalam industri antara kumpulan kawalan dan eksperimen selepas pengajaran menggunakan pendekatan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal apabila skor ujian pra dikawal.
- c. Tiada perbezaan yang signifikan antara min skor ujian pasca pemahaman pelajar mengenai proses elektrolisis dalam industri antara kumpulan kawalan dan eksperimen selepas pengajaran menggunakan pendekatan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal apabila skor ujian pra dikawal.
- d. Tiada perbezaan yang signifikan antara min skor ujian pasca pemahaman pelajar dalam menganalisis sel kimia, mensintesis siri elektrokimia dan kesedaran serta mengamalkan sikap bertanggungjawab dalam mengendalikan bahan kimia yang digunakan dalam siri elektrokimia antara kumpulan kawalan dan eksperimen selepas pengajaran menggunakan pendekatan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal apabila skor ujian pra dikawal.

2A Tiada perbezaan yang signifikan antara min skor ujian pasca kemahiran proses sains antara kumpulan kawalan dan eksperimen selepas pengajaran menggunakan pendekatan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal apabila skor ujian pra dikawal.

- a. Tiada perbezaan yang signifikan antara min skor ujian pasca pembentukan hipotesis antara kumpulan kawalan dan eksperimen

- selepas pengajaran menggunakan pendekatan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal apabila skor ujian pra dikawal.
- b. Tiada perbezaan yang signifikan antara min skor ujian pasca pembentukan pemboleh ubah antara kumpulan kawalan dan eksperimen terhadap selepas pengajaran menggunakan pendekatan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal apabila skor ujian pra dikawal.
 - c. Tiada perbezaan yang signifikan antara min skor ujian pasca pembentukan definisi secara operasi antara kumpulan kawalan dan eksperimen selepas pengajaran menggunakan pendekatan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal apabila skor ujian pra dikawal.
 - d. Tiada perbezaan yang signifikan antara min skor ujian pasca dalam menganalisis data antara kumpulan kawalan dan eksperimen selepas pengajaran menggunakan pendekatan STEM berasaskan makmal apabila skor ujian pra dikawal.
 - e. Tiada perbezaan yang signifikan antara min skor ujian pasca dalam merancang eksperimen antara kumpulan kawalan dan eksperimen selepas pengajaran menggunakan pendekatan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal apabila skor ujian pra dikawal.

1.8 Batasan Kajian

Kajian ini mengambil masa selama lapan minggu. Sekiranya tempoh kajian ini mengambil masa yang lebih lama, terdapat kebarangkalian yang lebih tinggi untuk mendapatkan hasil yang lebih tepat. Pendedahan secara berterusan akan meningkatkan

nilai hasil dapatan yang akan mengganggu kajian ini. Dalam kajian ini, terdapat 10 eksperimen yang berasaskan STEM telah dibina.

Kajian ini hanya tertumpu kepada pelajar Tingkatan Empat yang mengambil mata pelajaran kimia di sebuah sekolah sahaja. Kajian ini hanya melibatkan sekolah di kawasan bandar. Kajian ini mungkin akan memberikan dapatan yang berbeza sekiranya dijalankan di kawasan luar bandar. Hasil kajian ini tidak boleh menunjukkan dapatan secara umum untuk semua sekolah. Walaupun hanya satu sekolah yang terlibat namun beberapa faktor telah dikawal seperti faktor pengajaran guru, kaedah pembelajaran pelajar dan kelas tambahan tetapi ianya tidak dapat dikawal sepenuhnya.

Dalam kajian ini, guru telah dilatih untuk menggunakan pedagogi STEM Bersepadu Berasaskan Makmal. Namun disebabkan kesulitan masa dan keadaan yang tidak mengizinkan menyebabkan guru tersebut tidak dapat dilatih sepenuhnya. Kemungkinan ini juga akan mempengaruhi dapatan kajian ini. Oleh itu, dicadangkan guru dilatih untuk menggunakan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal sebaik mungkin dalam kajian seterusnya.

Kemahiran proses sains yang digunakan dalam kajian ini bukan sahaja boleh diperolehi dalam makmal tetapi juga boleh dibuat dalam konteks yang lain seperti di luar makmal. Selain itu, kajian ini hanya melibatkan satu topik Tingkatan Empat sahaja iaitu elektrokimia. Pendekatan STEM Bersepadu Berasaskan Makmal yang digunakan dalam topik ini melibatkan pelajar untuk menjalankan penyiasatan berdasarkan masalah yang berkaitan dengan dunia sebenar. Secara tidak langsung, pelajar perlu bekerjasama dan mencari maklumat dalam menjalankan penyiasatan tersebut. Oleh itu, pengurusan masa adalah salah satu kekangan kerana terdapat sesetengah kumpulan yang mungkin mengambil masa yang lama untuk menyelesaikan penyiasatan mereka.

1.9 Kepentingan Kajian

STEM merupakan suatu pendekatan yang mendapat perhatian serius di seluruh dunia dan menjadi penekanan yang paling utama bagi bidang pendidikan sains dan matematik sebagai pembaharuan dalam pendidikan global. Pengetahuan melalui pendekatan STEM Bersepadu ini boleh memberi motivasi kepada pelajar-pelajar jurusan aliran sains dengan menarik minat mereka untuk terus mempelajari mata pelajaran STEM ke peringkat yang lebih tinggi dan bekerja dalam bidang ini (Stohlmann, Moore, & Roehrig, 2012) kerana mereka diberi peluang untuk meneroka, berinovasi dan kreatif dalam menghasilkan projek ataupun mencipta objek sejak di peringkat persekolahan (Bunyamin, 2017). Malah pendekatan STEM ini dilihat sebagai suatu pendekatan yang positif dan turut diperkenalkan sejak di peringkat kanak-kanak lagi (Adnan et al., 2016). STEM Bersepadu adalah pendekatan yang baik jika digunakan oleh guru-guru dalam pengajaran dan pembelajaran (Bell, Morrison-Love, Wooff, & McLain, 2017; Han, Yalvac, et al., 2015). STEM Bersepadu melibatkan pengaplikasian pengetahuan, kemahiran dan nilai STEM untuk menyelesaikan masalah dalam konteks kehidupan seharian, masyarakat dan juga alam sekitar (BPK, 2016).

Kajian ini diharap boleh membantu para pendidik untuk menggunakan pendekatan STEM Bersepadu dan dijadikan panduan dalam sesi pengajaran dan pemudah cara bagi melahirkan pelajar yang lebih berinovasi dan kreatif. Teknik yang dikemukakan melalui kajian ini merupakan salah satu teknik yang tidak membebankan guru tetapi mencadangkan satu alternatif untuk mengajar topik elektrokimia dengan suasana pembelajaran yang menepati kehendak abad ke 21 dan berpusatkan pelajar sepenuhnya. Dengan ini, pendidik dapat merangka pengajaran mereka di makmal melalui panduan yang diberikan supaya pembelajaran lebih menyeronokkan dan

pembelajaran bermakna dapat dicapai. Kaedah pengajaran guru yang menerapkan STEM Bersepadu secara tidak langsung dapat mengubah konsep yang sedia ada pada pelajar kepada konsep yang sebenar atau lebih saintifik supaya tidak timbul lagi percanggahan idea yang boleh membawa kesan negatif terhadap pembelajaran kimia di sekolah. Para guru juga akan lebih bermotivasi untuk menggunakan pendekatan STEM Bersepadu dalam setiap sesi pengajaran dan pembelajaran kimia. Selain itu, pembelajaran STEM Bersepadu Berasaskan Makmal dicadangkan untuk diajar dalam subjek yang lain. Ini dapat menyahut seruan KPM untuk memperkukuhkan kemahiran STEM di kalangan pelajar menengah atas dalam menghadapi dunia sebenar (BPK, 2016).

Eksperimen yang dicadangkan ini bermanfaat kepada Kementerian Pendidikan Malaysia khususnya perancang kurikulum dan penulis kurikulum. Kajian ini mencadangkan teknik abad ke 21 yang akan membantu pihak KPM untuk menerapkan ia ke dalam sukatan, buku teks dan juga melatih guru-guru. Melalui sesi pembelajaran berasaskan STEM, penglibatan dan semangat pelajar untuk belajar akan terus bertambah. Pelajar dapat mengaitkan pembelajaran dalam kehidupan seharian mereka. Justeru, para pelajar akan lebih berminat mempelajari mata pelajaran ini apabila mereka mempunyai tahap kefahaman konsep yang kukuh. Ini menimbulkan lagi semangat inkuiri di kalangan pelajar. Di samping itu juga, mereka lebih kreatif untuk menghasilkan sesuatu bagi menyelesaikan masalah.

Bagi pihak Kementerian Pelajaran Malaysia dan penggubal kurikulum, kajian ini dapat memberikan maklumat mengenai tahap kefahaman pelajar dalam topik elektrokimia dan tahap kemahiran proses sains pelajar. Memandangkan dunia pendidikan sentiasa berevolusi dan berkembang pesat mengikut peredaran semasa,

mungkin akan menjadi masalah bagi penggubal kurikulum untuk memperkenalkan sukatan pelajaran baru berkaitan STEM. Oleh itu, kajian ini dijalankan dengan mengintegrasikan STEM dan menerapkan ia dalam topik elektrokimia. Seterusnya, melalui kajian ini ia dapat memberi nilai tambah dalam topik elektrokimia bagi modul BSTEM yang telah diterbitkan. Oleh itu, pendidikan secara holistik dapat dicapai dan tahap pendidikan di Malaysia dapat ditingkatkan dalam penilaian TIMSS dan PISA.

1.10 Definisi Secara Operasi

STEM: merupakan akronim yang menunjukkan kepada empat cabang disiplin iaitu Sains, Teknologi, Kejuruteraan dan Matematik (Bell, 2016). STEM merupakan kajian atau amalan profesional dalam bidang sains, teknologi, kejuruteraan, dan matematik yang lebih meluas (Hernandez et al., 2014). STEM secara trans disiplin merupakan pendekatan yang menggabungkan sekurang-kurangnya dua bidang STEM dalam suatu pembelajaran dan dihubungkan dengan konteks dunia sebenar (Vasquez et al., 2013).

STEM Bersepadu: merupakan pembelajaran yang mempunyai 6 ciri iaitu 1) pembelajaran bermakna, 2) pendekatan reka bentuk kejuruteraan, 3) pendekatan reka bentuk teknologi, 4) mengintegrasikan sains dan matematik, 5) pembelajaran aktif, 6) kerjasama dan komunikasi di kalangan pelajar (Moore et al., 2016).

STEM Bersepadu Berasaskan Makmal: Dalam kajian ini, pedagogi STEM dikendalikan di dalam makmal bagi mempelajari topik Elektrokimia. Sebanyak 10 eksperimen telah diubah suai daripada eksperimen sedia ada dengan menambahkan unsur-unsur STEM supaya lebih jelas dan menarik. Ia merupakan amali sains dalam konteks baharu dengan berteraskan enam elemen STEM daripada Moore et al. (2016).

Pelajar perlu menyelesaikan masalah berkaitan dunia sebenar dengan menggunakan kesemua empat bidang STEM secara langsung dan membentuk pengalaman pembelajaran yang positif (Vasquez et al., 2013) dan menghasilkan cetusan idea atau prototaip berdasarkan pendekatan trans disiplin ini. Pelajar akan meneroka dan cuba menyelesaikan masalah yang diberikan dalam kumpulan, menghasilkan idea, prototaip atau produk dan membuat pembentangan. Pembelajaran ini mengikut prinsip pengajaran dan pembelajaran STEM yang memerlukan pelajar mempunyai pengetahuan, nilai dan kemahiran dalam membudayakan amalan STEM (BPK, 2016).

Elektrokimia: Elektrokimia adalah tindak balas kimia yang berhubung rapat dengan arus elektrik yang berlaku dalam sel elektrolisis dan sel kimia (Neo, 2011). Pelajar perlu mempelajari beberapa objektif pembelajaran seperti sifat-sifat elektrolit dan bukan elektrolit, proses elektrolisis sebatian lebur, larutan akueus dan dalam industri, sel kimia, siri elektrokimia dan akhir sekali kesedaran serta sikap semasa mengendalikan bahan kimia yang digunakan dalam siri elektrokimia (BPK, 2012). Kerja amali tidak dapat dipisahkan dengan pembelajaran elektrokimia.

Pemahaman elektrokimia: Pemahaman terhadap tindak balas yang berlaku dalam sel elektrolisis dan sel kimia (Neo, 2011). Pemahaman konseptual berlaku apabila pelajar dapat mengaplikasikan asas kimia dalam situasi baru, menyatakan sebab berlakunya sesuatu fenomena, meramalkan perubahan kimia yang berlaku, menyelesaikan masalah menggunakan pemikiran kritis termasuk aktiviti makmal dan boleh membuat perwakilan kimia (Holme, Luxford, & Brandriet, 2015). Pelajar perlu memahami elektrolit dengan kehadiran ion-ion yang bebas bergerak, mengenal pasti anion dan kation dalam setiap jenis elektrolit, menentukan anod dan katod berdasarkan elektrod yang disambungkan kepada terminal bateri, menulis persamaan setengah,