

**PEMBANGUNAN DAN KEBERKESANAN MODUL
BIONUTRI-MAKMAL MAYA DALAM
MENINGKATKAN PENCAPAIAN BIDANG
PEMBELAJARAN NUTRISI DAN
SISTEM PENCERNAAN
MANUSIA, KEMAHIRAN PROSES
SAINS DAN EFIKASI KENDIRI**

RAFIZA BINTI ROSLI

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

2025

**PEMBANGUNAN DAN KEBERKESANAN MODUL
BIONUTRI-MAKMAL MAYA DALAM
MENINGKATKAN PENCAPAIAN BIDANG
PEMBELAJARAN NUTRISI DAN
SISTEM PENCERNAAN
MANUSIA, KEMAHIRAN PROSES
SAINS DAN EFIKASI KENDIRI**

oleh

RAFIZA BINTI ROSLI

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

September 2025

PENGHARGAAN

Bersyukur ke hadrat Allah S.W.T. kerana dengan izinNya, kajian ini dapat disempurnakan dengan jayanya ke peringkat ini. Saya ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan dan terima kasih kepada Penyelia Utama saya iaitu Profesor Madya Dr. Nor Asniza binti Ishak atas bimbingan, sokongan dan tunjuk ajar yang tidak ternilai sepanjang pengajian ini. Saya ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan dan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan Malaysia (KPM) atas tajaan Hadiah Latihan Persekutuan (HLP) Cuti Belajar Bergaji Penuh (CBBP) yang membolehkan saya melanjutkan pengajian ini dengan lebih sempurna.

Seterusnya, terima kasih kepada Universiti Sains Malaysia (USM) dan Pusat Pengajian Ilmu Pendidikan (PPIP) atas kemudahan, sokongan dan persekitaran akademik yang kondusif. Terima kasih juga diucapkan kepada Bahagian Perancangan dan Penyelidikan Pendidikan (BPPDP) dan Jabatan Pendidikan Negeri Kelantan, guru-guru Biologi serta murid-murid yang terlibat dalam kajian rintis dan kajian sebenar. Saya ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada semua pakar penilai Modul BioNutri-MM dan makmal maya. Seterusnya, saya juga ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada semua rakan PhD atas sokongan moral, perkongsian ilmu dan dorongan yang berterusan.

Akhir sekali, ucapan penghargaan yang tidak terhingga saya tujukan kepada seluruh ahli keluarga terutamanya ibu tersayang, Hajah Rosmina binti Yusoff, suami yang tercinta, Nik Mohd Sharunizam bin Sudin dan anakanda Nik Raed Mikhayl bin Nik Mohd Sharunizam. Kepada arwah bapa yang dirindui, Haji Rosli bin Hassan terima kasih kerana sentiasa mendoakan kejayaan adik walaupun dari jauh tetap dalam ingatan. Al-fatihah buat ayah tercinta.

SENARAI KANDUNGAN

PENGHARGAAN.....	ii
SENARAI KANDUNGAN	iii
SENARAI JADUAL	xii
SENARAI RAJAH.....	xvii
SENARAI SINGKATAN	xx
SENARAI LAMPIRAN.....	xxii
ABSTRAK	xxiv
ABSTRACT.....	xxvi
BAB 1 PENGENALAN.....	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Latar Belakang Kajian	3
1.3 Pernyataan Masalah	12
1.4 Objektif Kajian.....	17
1.5 Persoalan Kajian	18
1.6 Hipotesis Kajian.....	19
1.7 Kepentingan Kajian	19
1.7.1 Murid.....	19
1.7.2 Guru	20
1.7.3 Ibu bapa.....	21
1.7.4 Kementerian Pendidikan Malaysia (KPM)	21
1.8 Definisi Operasional	22
1.8.1 Pencapaian Murid dalam Bidang Pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia.....	22
1.8.2 Kemahiran Proses Sains (KPS).....	22
1.8.3 Efikasi Kendiri	23

1.8.4	Modul BioNutri-Makmal Maya (BioNutri-MM).....	24
1.8.4(a)	Makmal Maya	24
1.8.4(b)	Makmal Fizikal	25
1.9	Limitasi Kajian.....	25
1.10	Rumusan Bab	26
BAB 2	SOROTAN LITERATUR.....	27
2.1	Pendahuluan.....	27
2.2	Konsep Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia	27
2.3	Standard Kandungan dan Standard Pembelajaran Bidang Pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia dalam KSSM Biologi	29
2.4	Pencapaian Murid dalam Bidang Pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia	31
2.4.1	Kajian-Kajian Lepas Berkaitan Pencapaian Murid dalam Bidang Pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia	34
2.5	Kemahiran Proses Sains dalam KSSM Biologi	39
2.5.1	Kajian-kajian Lepas Berkaitan Kemahiran Proses Sains.....	42
2.6	Efikasi Kendiri dalam Pembelajaran Biologi.....	48
2.6.1	Kajian-Kajian Berkaitan dengan Efikasi Kendiri	50
2.7	Pengintegrasian Makmal Maya dalam Proses Pengajaran dan Pembelajaran (PdP).....	54
2.7.1	Konsep Makmal Maya	54
2.7.2	Trend Perkembangan Makmal Maya dalam Bidang Pendidikan Sains	62
2.7.3	Kajian-kajian Lepas Berkaitan Kesan Makmal Maya dalam Meningkatkan Pencapaian, Kemahiran Proses Sains dan Efikasi Kendiri	68
2.7.3(a)	Pencapaian	73
2.7.3(b)	Kemahiran Proses Sains.....	82
2.7.3(c)	Efikasi Kendiri	88
2.8	Teori dan Model Kajian	93

2.8.1	Teori Konstruktivisme Sosial	93
2.8.2	Teori Kognitif Pembelajaran Multimedia (CTML)	98
2.8.3	Teori Efikasi Kendiri	103
2.8.4	Model Reka Bentuk Pengajaran (<i>Instructional Design Model</i>).....	107
2.8.4(a)	Model ADDIE.....	109
2.8.4(b)	Model Pembinaan Modul Sidek (MPMS)	112
2.8.4(c)	Model Kemp	113
2.8.4(d)	Model ASSURE.....	115
2.8.4(e)	Justifikasi Pemilihan Model ASSURE	117
2.8.5	Model Instruksional 5E.....	118
2.8.6	Kerangka Teori Kajian.....	126
2.8.7	Kerangka Konsep Kajian	129
2.9	Rumusan Bab	131
BAB 3	METODOLOGI KAJIAN.....	132
3.1	Pendahuluan	132
3.2	Reka bentuk Kajian	132
3.2.1	Reka Bentuk Kuantitatif	134
3.2.2	Reka Bentuk Kualitatif	135
3.3	Populasi dan Pensampelan	137
3.3.1	Pensampelan Pendekatan Kuantitatif.....	138
3.3.2	Pensampelan Pendekatan Kualitatif.....	139
3.4	Variabel Kajian	140
3.5	Kesahan Reka Bentuk Kajian	141
3.5.1	Ancaman Terhadap Kesahan Dalaman	141
3.5.2	Ancaman Terhadap Kesahan Luaran	143
3.6	Instrumen	144
3.6.1	Instrumen Pendekatan Kuantitatif.....	145

3.6.1(a)	Ujian Pencapaian Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia (UPNSPM)	145
3.6.1(b)	Ujian Kemahiran Proses Sains (UKPS).....	146
3.6.1(c)	Soal Selidik Efikasi Kendiri Biologi (EKB).....	147
3.6.2	Instrumen Pendekatan Kualitatif.....	148
3.6.2(a)	Soalan Temu Bual Kumpulan Fokus Murid	148
3.7	Kesahan dan Kebolehpercayaan Instrumen	151
3.7.1	Kesahan.....	151
3.7.1(a)	Kesahan Ujian Pencapaian Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia (UPNSPM).....	155
3.7.1(b)	Kesahan Ujian Kemahiran Proses Sains (UKPS)	156
3.7.1(c)	Kesahan Soal Selidik Efikasi Kendiri Biologi (EKB).....	157
3.7.1(d)	Kesahan Soalan Temu Bual Kumpulan Fokus Murid	157
3.7.1(e)	Kesahan Bahasa	158
3.7.2	Kebolehpercayaan.....	159
3.7.2(a)	<i>Kuder-Richardson</i> Formula 20 (KR-20).....	160
3.7.2(b)	<i>Cronbach Alpha</i>	162
3.7.2(c)	Persetujuan Penilai (<i>Rater</i>)	163
3.8	Kajian Rintis	164
3.9	Prosedur Kajian.....	165
3.9.1	Fasa Pembangunan Modul BioNutri-MM	165
3.9.2	Fasa Keberkesanan Modul BioNutri-MM	167
3.9.2(a)	Bengkel Latihan Guru.....	168
3.9.2(b)	Perbincangan dan Penyelarasan Aktiviti Intervensi	170
3.9.2(c)	Pentadbiran Praujian	170
3.9.2(d)	Pelaksanaan Intervensi.....	171
3.9.2(e)	Pentadbiran Pascaujian	171

3.9.2(f)	Temu Bual Kumpulan Fokus.....	172
3.9.2(g)	Penganalisan dan Interpretasi Data	172
3.10	Analisis Data	174
3.10.1	Analisis Data Kuantitatif.....	174
3.10.1(a)	Statistik Deskriptif.....	174
3.10.1(b)	Statistik Inferensi	174
3.10.2	Analisis Data Kualitatif.....	178
3.11	Rumusan Bab	185
BAB 4	PEMBANGUNAN MODUL	186
4.1	Pendahuluan.....	186
4.2	Model Reka Bentuk Pengajaran ASSURE (Heinich et al., 1993)	186
4.3	Langkah-langkah dalam Model ASSURE	187
4.3.1	Langkah 1: Analisis Murid (<i>Analyse Learner</i>)	188
4.3.1(a)	Kajian Tinjauan Tahap Kesukaran Bidang Pembelajaran dalam KSSM Biologi Tingkatan Empat.....	189
4.3.1(b)	Ujian Diagnostik Konsep Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia	193
4.3.1(c)	Temu Bual Pakar	196
4.3.1(d)	Kajian Tinjauan Tahap Kesiapan Murid Terhadap Pengaplikasian Makmal Maya dalam Pembelajaran Biologi.....	211
4.3.2	Langkah 2: Menyatakan Standard dan Objektif Berdasarkan DSKP Biologi (<i>State the Standards and Objectives</i>).....	217
4.3.3	Langkah 3: Memilih Kaedah, Media dan Bahan (<i>Select Methods, Media and Materials</i>).....	225
4.3.3(a)	Pemilihan Kaedah.....	225
4.3.3(b)	Pemilihan Media	226
4.3.3(c)	Pemilihan Bahan	228
4.3.4	Langkah 4: Menggunakan Media dan Bahan (<i>Utilise Media and Materials</i>).....	251

4.3.4(a)	Pratonton Bahan (<i>Preview The Materials</i>)	251
4.3.4(b)	Menyediakan Bahan (<i>Prepare The Materials</i>)	252
4.3.4(c)	Menyediakan Persekitaran (<i>Prepare the Environment</i>)	252
4.3.4(d)	Menyediakan Murid (<i>Prepare the Learners</i>).....	253
4.3.4(e)	Menyediakan Pengalaman Pembelajaran (<i>Provide the Learning Experience</i>).....	264
4.3.5	Langkah 5: Melibatkan Murid (<i>Require Leaner Participation</i>)	264
4.3.6	Langkah 6: Menilai dan Mengkaji Semula Modul BioNutri-MM (<i>Evaluate and Revise</i>)	273
4.3.6(a)	Kesahan Modul BioNutri-MM	273
4.3.6(b)	Kebolehpercayaan Modul BioNutri-MM	287
4.3.6(c)	Kebolehgunaan dan Kepuasan Pengguna	289
4.4	Rumusan Bab	292
BAB 5	DAPATAN KAJIAN.....	293
5.1	Pendahuluan	293
5.2	Maklumat Demografi Peserta Kajian.....	295
5.3	Analisis Data Kuantitatif.....	295
5.3.1	Statistik Deskriptif	296
5.3.2	Statistik Inferensi	296
5.4	Andaian-andaian bagi Ujian- t Sampel Bebas dan ANCOVA Satu Hala	296
5.4.1	Kenormalan.....	298
5.4.1(a)	Kenormalan Ujian Pencapaian Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia (UPNSPM) Kumpulan Rawatan dan Kumpulan Kawalan.....	298
5.4.1(b)	Kenormalan Ujian Kemahiran Proses Sains (UKPS) Kumpulan Rawatan dan Kumpulan Kawalan	300
5.4.1(c)	Kenormalan Soal Selidik Efikasi Kendiri Biologi (EKB) Kumpulan Rawatan dan Kumpulan Kawalan	303

5.4.2	Pemerhatian Bebas (<i>Independent Observations</i>)	306
5.4.3	Kelinearan	307
5.4.4	Kesamaan Varians	308
5.4.5	Keseragaman Kecerunan Regresi (<i>Homogeneity of Regression Slope</i>)	309
5.5	Analisis Ujian-t Sampel Bebas Terhadap Praujian	310
5.5.1	Analisis Ujian-t Sampel Bebas Terhadap Praujian UPNSPM	310
5.5.2	Analisis Ujian-t Sampel Bebas Terhadap Praujian UKPS	311
5.5.3	Analisis Ujian-t Sampel Bebas Terhadap Praujian Soal Selidik EKB	313
5.6	Dapatan Utama Kajian Kuantitatif	314
5.6.1	Dapatan Kajian bagi Variabel Pencapaian bagi Bidang Pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia	314
5.6.1(a)	Analisis Statistik Deskriptif Skor Min Praujian dan Skor Min Pascaujian Pencapaian bagi Kumpulan Rawatan dan Kumpulan Kawalan	314
5.6.1(b)	Analisis Statistik Inferensi Skor Min Pencapaian bagi Bidang Pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia Sampel Kajian	317
5.6.2	Dapatan Kajian bagi Variabel Kemahiran Proses Sains	321
5.6.2(a)	Analisis Statistik Deskriptif Skor Min Praujian dan Skor Min Pascaujian Kemahiran Proses Sains bagi Kumpulan Rawatan dan Kumpulan Kawalan	321
5.6.2(b)	Analisis Statistik Inferensi Skor Min Kemahiran Proses Sains bagi Sampel Kajian	324
5.6.3	Dapatan Kajian bagi Variabel Efikasi Kendiri dalam Biologi	326
5.6.3(a)	Analisis Statistik Deskriptif Skor Min Praujian dan Skor Min Pascaujian Efikasi Kendiri bagi Kumpulan Rawatan dan Kumpulan Kawalan	326
5.6.3(b)	Analisis Statistik Inferensi Skor Min Efikasi Kendiri Dalam Biologi bagi Sampel Kajian	328
5.7	Ringkasan Dapatan Kajian Kuantitatif	331
5.8	Analisis Data Kualitatif	331

5.8.1	Teknik Menghasilkan Data Kualitatif.....	332
5.8.2	Peserta Kajian Kualitatif.....	332
5.8.3	Kebolehpercayaan Data Kualitatif.....	333
5.8.4	Dapatan Kajian Kualitatif	335
5.8.4(a)	Persepsi Murid Terhadap Pencapaian Bagi Bidang Pembelajaran Nutrisi Dan Sistem Pencernaan Manusia.....	336
5.8.4(b)	Persepsi Murid Terhadap Kemahiran Proses Sains	349
5.8.4(c)	Persepsi Murid Terhadap Efikasi Kendiri Dalam Biologi	358
5.9	Rumusan Bab	367
BAB 6	PERBINCANGAN, IMPLIKASI DAN KESIMPULAN	371
6.1	Pendahuluan.....	371
6.2	Ringkasan Peringkat-peringkat Pelaksanaan, Analisis dan Perolehan Dapatan Kajian.....	371
6.3	Ringkasan Dapatan Kajian.....	374
6.3.1	Dapatan Kuantitatif Pencapaian bagi Bidang Pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia, Kemahiran Proses Sains dan Efikasi Kendiri Dalam Biologi	374
6.3.1(a)	Pencapaian bagi Bidang Pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia di antara Kumpulan Rawatan dan Kumpulan Kawalan.....	374
6.3.1(b)	Kemahiran Proses Sains di antara Kumpulan Rawatan dan Kumpulan Kawalan.....	375
6.3.1(c)	Efikasi Kendiri dalam Biologi di antara Kumpulan Rawatan dan Kumpulan Kawalan.....	375
6.3.2	Dapatan Kualitatif Persepsi Murid dalam Meningkatkan Pencapaian Bagi Bidang Pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia, Kemahiran Proses Sains dan Efikasi Kendiri Dalam Biologi.....	377
6.4	Perbincangan Lanjutan Dapatan Kajian.....	378
6.4.1	Pembangunan Modul BioNutri-MM.....	378

6.4.2	Keberkesanan Modul BioNutri-MM Terhadap Pencapaian bagi Bidang Pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia.....	387
6.4.3	Keberkesanan Modul BioNutri-MM Terhadap Kemahiran Proses Sains	394
6.4.4	Keberkesanan Modul BioNutri-MM Terhadap Efikasi Kendiri dalam Biologi.....	400
6.5	Implikasi Kajian.....	405
6.5.1	Implikasi Terhadap Teori.....	406
6.5.2	Implikasi Terhadap Murid Biologi	407
6.5.3	Implikasi Terhadap Amalan Guru	408
6.5.4	Implikasi Terhadap Ibu Bapa.....	409
6.5.5	Implikasi Terhadap Penggubal Kurikulum.....	410
6.5.6	Implikasi Terhadap Metodologi Bidang Penyelidikan	411
6.6	Cadangan Kajian Lanjutan.....	412
6.6.1	Pengintegrasian Makmal Maya ke dalam Bidang Pembelajaran yang Lain	412
6.6.2	Pengukuran Variabel yang Berlainan	413
6.6.3	Strategi Pembelajaran Makmal Maya	413
6.6.4	Pembangunan Makmal Maya Menggunakan Teknologi <i>Virtual Reality</i> (VR)	415
6.6.5	Penggunaan Makmal Maya dalam Mata Pelajaran yang Lain.....	416
6.7	Kesimpulan	416
	RUJUKAN	420
	LAMPIRAN	
	SENARAI PENERBITAN	

SENARAI JADUAL

	Halaman
Jadual 1.1 Tema dan Bidang Pembelajaran KSSM Mata Pelajaran Biologi Tingkatan Empat.....	4
Jadual 1.2 Kemahiran Proses Sains dalam KSSM Biologi Tingkatan 4 serta Kemahiran Proses Sains yang Diukur dan Digugurkan dalam Kajian.....	6
Jadual 1.3 Aktiviti Eksperimen dalam Bidang Pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia	8
Jadual 2.1 Standard Kandungan dan Standard Pembelajaran bagi Bidang Pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia	30
Jadual 2.2 Rumusan Pencapaian Murid Berdasarkan Kupasan Mutu Jawapan (KMJ) Biologi Kertas 2 (4551/2) Bagi Tahun 2013, 2014 dan 2017	32
Jadual 2.3 Definisi dan Standard Kemahiran Proses Sains dalam KSSM Biologi	40
Jadual 2.4 Ringkasan Kajian-kajian Lepas Berkaitan Kesan Makmal Maya	69
Jadual 2.5 Proses Kognitif bagi Pemerolehan Pembelajaran Bermakna.....	100
Jadual 2.6 Prinsip Persembahan Multimedia dan Tindakan Pengkaji untuk Membangunkan Makmal Maya.....	102
Jadual 2.7 Pembentukan Efikasi Kendiri melalui Modul BioNutri-MM	107
Jadual 2.8 Ringkasan Model Reka Bentuk Pengajaran	108
Jadual 2.9 Fasa Model 5E dalam PdP Modul BioNutri-MM	119
Jadual 2.10 Contoh RPH bagi Kumpulan Rawatan.....	120
Jadual 2.11 Contoh RPH bagi Kumpulan Kawalan.....	125
Jadual 3.1 Reka Bentuk Kajian Kuantitatif	134
Jadual 3.2 Jenis Ancaman Terhadap Kesahan Dalaman dan Tindakan Pengkaji untuk Mengawal Ancaman.....	142

Jadual 3.3	Jenis Ancaman Terhadap Kesahan Luaran dan Tindakan Pengkaji untuk Mengawal Ancaman	144
Jadual 3.4	Kod Transkrip Temu Bual Kumpulan Fokus Murid	150
Jadual 3.5	Ringkasan Instrumen bagi Mengukur Keberkesanan Modul BioNutri-MM.....	150
Jadual 3.6	Nilai Persetujuan Indeks Kesahan Kandungan (CVI)	153
Jadual 3.7	Maklumat Pakar Kesahan Instrumen.....	153
Jadual 3.8	Penentuan Kekuatan Hubungan.....	162
Jadual 3.9	Kebolepercayaan Soal Selidik Efikasi Kendiri Biologi (EKB).....	163
Jadual 3.10	Maklumat Penilai Kebolepercayaan UKPS.....	164
Jadual 3.11	Jadual Bengkel Latihan Guru	168
Jadual 3.12	Hubungan antara Objektif Kajian, Hipotesis Kajian, Instrumen dan Teknik Analisis Data	183
Jadual 4.1	Perkaitan Fasa Pembangunan Modul BioNutri-MM dengan Langkah-langkah dalam Model ASSURE	188
Jadual 4.2	Frekuensi dan Peratus Responden Mengikut Jantina	190
Jadual 4.3	Skor Min Tahap Kesukaran Bidang Pembelajaran KSMM Biologi Tingkatan Empat.....	191
Jadual 4.4	Dapatan Kajian Ujian Diagnostik.....	194
Jadual 4.5	Contoh Jawapan Murid.....	195
Jadual 4.6	Profil Pakar	196
Jadual 4.7	Ringkasan Pelaksanaan PdP bagi Bidang Pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia	211
Jadual 4.8	Soal Selidik Tahap Kesian Murid Terhadap Pengaplikasian Makmal Maya.....	212
Jadual 4.9	Skala Tahap Kesian Murid Terhadap Makmal Maya	212
Jadual 4.10	Analisis Data Tahap Kesian Murid dari Aspek Pengetahuan Makmal Maya	213
Jadual 4.11	Analisis Data Tahap Kesian Murid dari Aspek Kemahiran Menggunakan Makmal Maya	214

Jadual 4.12	Analisis Data Tahap Kesiediaan Murid dari Aspek Sikap Terhadap Makmal Maya.....	215
Jadual 4.13	Pemetaan Aktiviti, Minggu, Standard Kandungan, Standard Pembelajaran Dan Hasil Pembelajaran	220
Jadual 4.14	Jenis Perkakasan dan Bilangan Unit.....	227
Jadual 4.15	Butang Navigasi dalam Makmal Maya dan Penerangan.....	245
Jadual 4.16	Pemetaan Aktiviti, Penglibatan Murid Dan Penilaian.....	267
Jadual 4.17	Maklumat Pakar Kesahan Modul BioNutri-MM.....	275
Jadual 4.18	Jadual Kesahan Kandungan Modul BioNutri-MM	276
Jadual 4.19	Jadual Kesahan Kesesuaian Sesi dan Aktiviti dalam Modul BioNutri-MM.....	279
Jadual 4.20	Komen Pakar dan Penambahbaikan oleh Pengkaji	280
Jadual 4.21	Maklumat Pakar Kesahan Teknologi Makmal Maya	281
Jadual 4.22	Jadual Kesahan Teknologi Makmal Maya	282
Jadual 4.23	Komen Pakar Teknologi dan Penambahbaikan oleh Pengkaji	284
Jadual 4.24	Maklumat Pakar Kesahan Bahasa Modul BioNutri-MM.....	285
Jadual 4.25	Jadual Kesahan Bahasa Modul BioNutri-MM	286
Jadual 4.26	Nilai Pekali Kebolehpercayaan	288
Jadual 4.27	Ringkasan Analisis Kebolehpercayaan Modul BioNutri-MM	288
Jadual 4.28	Tahap Kecenderungan Min	290
Jadual 4.29	Ringkasan Tahap Kecenderungan Makmal Maya.....	290
Jadual 5.1	Ringkasan Persoalan Kajian, Hipotesis Kajian dan Analisis Data.....	294
Jadual 5.2	Maklumat Peserta Kajian.....	295
Jadual 5.3	Ujian Normaliti (<i>Normality Test</i>) Melalui Shapiro-Wilk bagi Praujian UPNSPM dan Pascaujian UPNSPM	298
Jadual 5.4	Ujian Normaliti (<i>Normality Test</i>) Melalui Shapiro-Wilk bagi Praujian UKPS dan Pascaujian UKPS.....	301

Jadual 5.5	Nilai Skewness dan Kurtosis bagi Pascaujian UKPS Kumpulan Rawatan dan Praujian UKPS Kumpulan Kawalan.....	301
Jadual 5.6	Ujian Normaliti (<i>Normality Test</i>) Melalui Shapiro-Wilk bagi Praujian Soal Selidik EKB dan Pascaujian Soal Selidik EKB.....	304
Jadual 5.7	Nilai Skewness dan Kurtosis Praujian Soal Selidik EKB Kumpulan Rawatan dan Pascaujian Soal Selidik EKB Kumpulan Kawalan	305
Jadual 5.8	Keputusan Ujian Levene bagi Variabel Bersandar.....	308
Jadual 5.9	Keputusan Ujian Keseragaman Kecerunan Regresi Pascaujian UPNSPM	309
Jadual 5.10	Keputusan Ujian Levene Praujian UPNSPM	310
Jadual 5.11	Keputusan Statistik Deskriptif dan Ujian-t Sampel Bebas UPNSPM	310
Jadual 5.12	Keputusan Ujian Levene Praujian UKPS.....	312
Jadual 5.13	Keputusan Statistik Deskriptif dan Ujian-t Sampel Bebas Praujian UKPS.....	312
Jadual 5.14	Keputusan Ujian Levene Praujian Soal Selidik EKB.....	313
Jadual 5.15	Keputusan Statistik Deskriptif dan Ujian-t Sampel Bebas Praujian Soal Selidik EKB	313
Jadual 5.16	Deskripsi Min, Sisihan Piawai, Minimum dan Maksimum Secara Keseluruhan Praujian UPNSPM dan Pascaujian UPNSPM Terhadap Pencapaian Kumpulan Rawatan	315
Jadual 5.17	Deskripsi Min, Sisihan Piawai, Minimum dan Maksimum Secara Keseluruhan Praujian UPNSPM dan Pascaujian UPNSPM Terhadap Pencapaian Kumpulan Kawalan.....	316
Jadual 5.18	Keputusan Ujian Levene Pascaujian UPNSPM	318
Jadual 5.19	Keputusan Ujian ANCOVA Satu Hala	319
Jadual 5.20	Interpretasi Nilai Saiz Kesan	319
Jadual 5.21	Estimated Marginal Means	320
Jadual 5.22	Deskripsi Min, Sisihan Piawai, Minimum dan Maksimum Secara Keseluruhan Praujian UKPS dan Pascaujian UKPS Terhadap Kemahiran Proses Sains Kumpulan Rawatan	321

Jadual 5.23	Deskripsi Min, Sisihan Piawai, Minimum dan Maksimum Secara Keseluruhan Praujian UKPS dan Pascaujian UKPS Terhadap Kemahiran Proses Sains Kumpulan Kawalan	323
Jadual 5.24	Keputusan Ujian Levene Praujian UKPS	325
Jadual 5.25	Keputusan Statistik Deskriptif dan Ujian-t Sampel Bebas Pascaujian UKPS	325
Jadual 5.26	Deskripsi Min, Sisihan Piawai, Minimum dan Maksimum Secara Keseluruhan Praujian Soal Selidik EKB dan Pascaujian Soal Selidik EKB Terhadap Efikasi Kendiri dalam Biologi Kumpulan Rawatan.....	326
Jadual 5.27	Deskripsi Min, Sisihan Piawai, Minimum dan Maksimum Secara Keseluruhan Praujian Soal Selidik EKB dan Pascaujian Soal Selidik EKB Terhadap Efikasi Kendiri Kumpulan Kawalan	327
Jadual 5.28	Keputusan Ujian Levene Pascaujian Soal Selidik EKB	329
Jadual 5.29	Keputusan Statistik Deskriptif dan Ujian-t Sampel Bebas Pascaujian Soal Selidik EKB.....	330
Jadual 5.30	Ringkasan Persoalan Kajian, Hipotesis Kajian dan Keputusan Kajian	331
Jadual 5.31	Kod Transkrip Temu Bual Kumpulan Fokus Murid	333
Jadual 5.32	Skala Persetujuan Cohen Kappa.....	334
Jadual 5.33	Nilai Persetujuan Antara Pakar Data Kualitatif.....	335
Jadual 5.34	Gabungan Interpretasi Data Kuantitatif dan Data Kualitatif.....	369
Jadual 6.1	Ringkasan Dapatan Kuantitatif Pencapaian bagi Bidang Pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia, Kemahiran Proses Sains dan Efikasi Kendiri Dalam Biologi	376
Jadual 6.2	Ringkasan Dapatan Kualitatif Persepsi Murid dalam Meningkatkan Pencapaian bagi Bidang Pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia, Kemahiran Proses Sains dan Efikasi Kendiri Dalam Biologi	377
Jadual 6.3	Ringkasan Langkah-langkah Pembangunan Modul BioNutri-MM Melalui Model ASSURE	385

SENARAI RAJAH

	Halaman
Rajah 2.1	<i>5I Framework</i> 57
Rajah 2.2	Perkembangan Simulasi Berkomputer dalam Bidang Pendidikan 64
Rajah 2.3	Zon Perkembangan Proksimal (ZPD)..... 96
Rajah 2.4	Teori Kognitif Pembelajaran Multimedia (CTML)..... 99
Rajah 2.5	Hubungan Antara Empat Sumber Efikasi Kendiri dengan Kepercayaan Efikasi Individu 106
Rajah 2.6	Model Pembinaan Modul Sidek (MPMS) 112
Rajah 2.7	Model Kemp 114
Rajah 2.8	Kerangka Teori Kajian 127
Rajah 2.9	Kerangka Konsep Kajian..... 130
Rajah 3.1	Kaedah Pengumpulan Data Kualitatif dalam Reka Bentuk Gabungan Eksperimental..... 133
Rajah 3.2	Carta Alir Reka Bentuk Pendekatan Gabungan Eksperimental 137
Rajah 3.3	Carta Alir Prosedur Kajian 173
Rajah 3.4	Langkah-langkah Analisis Tematik..... 183
Rajah 4.1	Model Reka Bentuk Pengajaran ASSURE 187
Rajah 4.2	Komponen Multimedia pada Antaramuka Aktiviti 3 228
Rajah 4.3	Muka Hadapan Modul BioNutri-MM 230
Rajah 4.4	Pengenalan Aktiviti 2 232
Rajah 4.5	Langkah Pelaksanaan Pembelajaran Aktiviti 2 233
Rajah 4.6	Perbincangan Aktiviti 2 234
Rajah 4.7	Kesimpulan Aktiviti 2 236
Rajah 4.8	Panduan Guru 237

Rajah 4.9	Reka Letak Teks, Butang Navigasi dan Animasi Antaramuka “Makmal Maya”	239
Rajah 4.10	Logo Makmal Maya	241
Rajah 4.11	Prinsip Teks dalam Makmal Maya.....	242
Rajah 4.12	Sistem Pencernaan Manusia sebagai Perwakilan Visual Kandungan.....	243
Rajah 4.13	Radas dan Bahan sebagai Perwakilan Visual Kandungan.....	244
Rajah 4.14	Animasi Perubahan Suhu Air pada Aktiviti 5	247
Rajah 4.15	Interaksi Tampak pada Laman Utama Makmal Maya	248
Rajah 4.16	Panduan Penggunaan Makmal Maya	249
Rajah 4.17	Antaramuka Log Masuk Makmal Maya.....	254
Rajah 4.18	Antaramuka Daftar Akaun Makmal Maya	255
Rajah 4.19	Antaramuka Menu Utama Makmal Maya	256
Rajah 4.20	Antaramuka Objektif Modul BioNutri-MM.....	257
Rajah 4.21	Antaramuka Aktiviti	258
Rajah 4.22	Antaramuka Aktiviti 2 Makmal Maya.....	259
Rajah 4.23	Antaramuka Teori bagi Aktiviti 2	260
Rajah 4.24	Antaramuka Makmal Maya dalam Aktiviti 2.....	260
Rajah 4.25	Antaramuka Keputusan Eksperimen bagi Aktiviti 2.....	262
Rajah 4.26	Antaramuka Kuiz bagi Aktiviti 2	263
Rajah 4.27	Antaramuka Semakan Markah	264
Rajah 5.1	Histogram Keluk Berbentuk Loceng Praujian UPNSPM dan Pascaujian UPNSPM bagi Kumpulan Rawatan dan Kumpulan Kawalan	299
Rajah 5.2	Histogram Keluk Berbentuk Loceng Praujian UKPS dan Pascaujian UKPS bagi Kumpulan Rawatan dan Kumpulan Kawalan	302
Rajah 5.3	Histogram Keluk Berbentuk Loceng Praujian Soal Selidik EKB dan Pascaujian Soal Selidik EKB Kumpulan Rawatan dan Kumpulan Kawalan	306

Rajah 5.4	Keputusan Analisis Lineariti Data Kumpulan Rawatan dan Kumpulan Kawalan	307
Rajah 5.5	Carta Palang Skor Min Praujian UPNSPM dan Skor Min Pascaujian UPNSPM Kumpulan Rawatan	315
Rajah 5.6	Carta Palang Skor Min Praujian UPNSPM dan Skor Min Pascaujian UPNSPM Kumpulan Kawalan	317
Rajah 5.7	Carta Palang Skor Min Praujian UKPS dan Skor Min Pascaujian UKPS Kumpulan Rawatan	322
Rajah 5.8	Carta Palang Skor Min Praujian UKPS dan Skor Min Pascaujian UKPS Kumpulan Kawalan.....	323
Rajah 5.9	Carta Palang Skor Min Praujian Soal Selidik EKB dan Skor Min Pascaujian Soal Selidik EKB Kumpulan Rawatan	327
Rajah 5.10	Carta Palang Skor Min Praujian Soal Selidik EKB dan Skor Min Pascaujian Soal Selidik EKB Kumpulan Kawalan	328
Rajah 5.11	Ringkasan Analisis Data Kualitatif	366
Rajah 6.1	Ringkasan Peringkat-peringkat Pelaksanaan, Analisis dan Perolehan Dapatan Kajian	373

SENARAI SINGKATAN

ANCOVA	Analysis of Covariance
CTML	Teori Kognitif Pembelajaran Multimedia
CVI	<i>Content Validity Index</i>
BPK	Bahagian Pembangunan Kurikulum
DSKP	Dokumen Standard Kurikulum dan Pentaksiran
EKB	Efikasi Kendiri Biologi
BPDPP	Bahagian Perancangan dan Dasar Penyelidikan Pendidikan
IKN	Institut Kesihatan Negara
JEPeM	Jawatankuasa Etika Penyelidikan Manusia
JPNK	Jabatan Pendidikan Negeri Kelantan
KPM	Kementerian Pendidikan Malaysia
KPS	Kemahiran Proses Sains
KSSM	Kurikulum Sandard Sekolah Menengah
LPM	Lembaga Peperiksaan Malaysia
MM	Makmal Maya
PISA	<i>Programme For International Student Assessment</i>
PPPM	Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia
SDG2	Matlamat Pembangunan Lestari Kedua
SDG3	Matlamat Pembangunan Lestari Ketiga
SDG4	Matlamat Pembangunan Lestari Keempat
SMK	Sekolah Menengah Kebangsaan
STEM	Sains, Teknologi, Kejuruteraan dan Matematik
TIMSS	<i>Trends in Mathematics and Science Studies</i>
TMK	Teknologi Maklumat dan Komunikasi
UAS	Ujian Amali Sains

UPNSPM	Ujian Pencapaian Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia
UKPS	Ujian Kemahiran Proses Sains
UNGA	<i>United Nations General Assembly</i>
ZPD	Zon Perkembangan Proksimal

SENARAI LAMPIRAN

Lampiran A	Rancangan Pengajaran Harian (RPH) Kumpulan Rawatan dan Kumpulan Kawalan
Lampiran B1	Praujian Ujian Pencapaian Nutrisi Dan Sistem Pencernaan Manusia (UPNSPM)
Lampiran B2	Pascaujian Ujian Pencapaian Nutrisi Dan Sistem Pencernaan Manusia (UPNSPM)
Lampiran C	Jadual Spesifikasi Ujian (JSU) UPNSPM
Lampiran D1	Praujian Ujian Kemahiran Proses Sains (UKPS)
Lampiran D2	Pascaujian Ujian Kemahiran Proses Sains (UKPS)
Lampiran E	Jadual Spesifikasi Ujian (JSU) UKPS
Lampiran F	Kebenaran Adaptasi Soal Selidik Efikasi Kendiri
Lampiran G1	Praujian Soal Selidik Efikasi Kendiri Biologi (EKB)
Lampiran G2	Pascaujian Soal Selidik Efikasi Kendiri Biologi (EKB)
Lampiran H	Protokol Temu Bual Murid
Lampiran I	Borang Kesahan Pakar
Lampiran J	Jadual Indeks Kesahan Kandungan Ujian Pencapaian Nutrisi Dan Sistem Pencernaan Manusia (UPNSPM)
Lampiran K	Jadual Indeks Kesahan Kandungan Ujian Kemahiran Proses Sains (UKPS)
Lampiran L	Jadual Indeks Kesahan Kandungan Soal Selidik Efikasi Kendiri (EKB)
Lampiran M	Surat Kelulusan Bahagian Perancangan Dan Penyelidikan Dasar Pendidikan (BPPDP) Bagi Fasa Pembangunan Modul BioNutri-MM
Lampiran N	Surat Kelulusan Bahagian Perancangan Dan Penyelidikan Dasar Pendidikan (BPPDP) Bagi Fasa Keberkesanan Modul BioNutri-MM
Lampiran O	Surat Kelulusan Jawatankuasa Etika Penyelidikan Manusia USM (JEPeM)
Lampiran P	Surat Kelulusan Jabatan Pendidikan Negeri Kelantan
Lampiran Q	Soal Selidik Tahap Kesukaran Pembelajaran Biologi Tingkatan Empat
Lampiran R	Ujian Diagnostik Konsep Nutrisi Dan Sistem Pencernaan Manusia

Lampiran S	Protokol Temu Bual Guru: Analisis Keperluan
Lampiran T	Protokol Temu Bual Pakar Makmal Maya
Lampiran U	Papan Cerita Makmal Maya
Lampiran V	Soal Selidik Kesahan Kandungan Modul BioNutri-MM
Lampiran W	Soal Selidik Kesahan Pakar Teknologi Makmal Maya
Lampiran X	Soal Selidik Kesahan Pakar Bahasa Modul BioNutri-MM
Lampiran Y	Soal Selidik Kebolehpercayaan Modul BioNutri-MM
Lampiran Z	Modul BioNutri-MM untuk Murid dan Panduan Guru

**PEMBANGUNAN DAN KEBERKESANAN MODUL BIONUTRI-MAKMAL
MAYA DALAM MENINGKATKAN PENCAPAIAN BIDANG
PEMBELAJARAN NUTRISI DAN SISTEM PENCERNAAN MANUSIA,
KEMAHIRAN PROSES SAINS DAN EFIKASI KENDIRI**

ABSTRAK

Kajian ini bertujuan untuk membangun dan menilai keberkesanan Modul BioNutri-Makmal Maya terhadap pencapaian bagi bidang pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia, kemahiran proses sains dan efikasi sendiri dalam Biologi murid tingkatan empat. Modul BioNutri-Makmal Maya (BioNutri-MM) ialah modul pembelajaran yang mengintegrasikan makmal maya untuk pembelajaran teori dan eksperimen bagi bidang pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia. Modul ini dibangunkan berdasarkan model ASSURE. Kajian ini menggunakan reka bentuk gabungan eksperimental (*mixed methods experimental design*) yang melibatkan 85 sampel murid tingkatan empat iaitu 44 orang murid kumpulan rawatan dan 41 orang murid kumpulan kawalan. Data kuantitatif dikumpulkan melalui instrumen Ujian Pencapaian Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia (UPNSPM), Ujian Kemahiran Proses Sains (UKPS) dan Soal Selidik Efikasi Kendiri Biologi (EKB). Manakala data kualitatif diperoleh berpandukan kepada temu bual separa berstruktur. Kesemua instrumen telah mencapai kesahan dan kebolehpercayaan yang tinggi untuk digunakan dalam kajian ini. Hipotesis-hipotesis kajian diuji secara statistik deskriptif dan statistik inferensi melalui ujian-t sampel bebas dan ANCOVA satu hala. Dapatan kajian kuantitatif menunjukkan penggunaan Modul BioNutri-MM memberi kesan yang signifikan ($p < .05$) dalam meningkatkan pencapaian bagi bidang pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia dan kemahiran proses sains antara kumpulan rawatan

dan kumpulan kawalan. Walau bagaimanapun, penggunaan Modul BioNutri-MM memberikan kesan perubahan yang tidak signifikan ($p > .05$) bagi efikasi sendiri dalam Biologi antara kumpulan rawatan dan kumpulan kawalan. Dapatan kualitatif menemukan lima tema iaitu (i) peningkatan kefahaman murid, (ii) peningkatan kemahiran pembelajaran kolaboratif, (iii) elemen multimedia yang menarik, (iv) keberkesanan makmal maya dalam meningkatkan kemahiran proses sains dan (v) sumber pengalaman masteri tidak mencukupi. Kajian ini memberikan implikasi positif yang sejajar dengan Matlamat Pembangunan Lestari keempat (SDG4) iaitu menjamin pendidikan berkualiti yang inklusif dan saksama serta mendorong peluang pembelajaran sepanjang hayat. Penggunaan Modul BioNutri-MM tidak hanya mempertingkatkan proses pengajaran dan pembelajaran (PdP) melalui pendekatan kolaboratif dan berpusatkan murid, tetapi juga menyediakan akses kepada pendidikan berkualiti melalui integrasi teknologi.

**THE DEVELOPMENT AND EFFECTIVENESS OF BIONUTRI-VIRTUAL
LAB MODULE IN ENHANCING ACHIEVEMENT IN THE FIELD OF
LEARNING NUTRITION AND THE HUMAN DIGESTIVE SYSTEM,
SCIENCE PROCESS SKILLS AND SELF-EFFICACY**

ABSTRACT

This study aims to develop and evaluate the effectiveness of the BioNutri-Virtual Lab Module on achievements in the field of learning Nutrition and the Human Digestive System, science process skills and self-efficacy in Biology for form four students. The BioNutri-Virtual Laboratory (BioNutri-VL) Module is a learning module that integrates virtual labs for both theoretical and experimental learning in Nutrition and the Human Digestive System. This module is developed based on the ASSURE model. This study employed a mixed-methods experimental design with 85 form four students, comprising 44 in the treatment group and 41 in the control group. Quantitative data was collected through the Nutrition and Human Digestive System Achievement Test (NHDSAT), Science Process Skills Test (SPST) and Biology Self-Efficacy (BSE) Questionnaire. While qualitative data is based on semi-structured interviews. All instruments have achieved high validity and reliability for use in this study. The research hypotheses were examined using descriptive and inferential statistics through independent sample t-tests and one-way ANCOVA. The findings of the quantitative study show that the use of the BioNutri-MM Module has a significant effect ($p < .05$) to increase achievement in the field of learning Nutrition and the Human Digestive System and science process skills between the treatment group and the control group. However, the use of the BioNutri-MM Module resulted in a non-significant effect ($p > .05$) for self-efficacy in Biology between the treatment group and

the control group. Qualitative findings found five themes, namely (i) increased student understanding, (ii) increased collaborative learning skills, (iii) interesting multimedia elements, (iv) the effectiveness of the virtual laboratory in improving science process skills and (v) insufficient mastery experience resources. This study has positive implications aligned with the fourth Sustainable Development Goal (SDG4), which aims to ensure inclusive and equitable quality education and promote lifelong learning opportunities. The use of the BioNutri-MM Module not only enhances the teaching and learning process (T&L) through a collaborative and student-centered approach but also provides access to quality education through the integration of technology.

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Pendahuluan

Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia merupakan salah satu bidang pembelajaran yang terkandung dalam Kurikulum Standard Sekolah Menengah (KSSM) bagi mata pelajaran Biologi Tingkatan Empat. Bidang pembelajaran ini digubal dengan hasrat memupuk budaya hidup sihat dan penjagaan kesihatan diri dalam kalangan murid sebagai persediaan ke arah pendidikan berkualiti (Bahagian Pembangunan Kurikulum [BPK], 2018).

Bidang pembelajaran ini merupakan kesinambungan daripada konsep nutrisi dan sistem pencernaan manusia yang telah dipelajari oleh murid sewaktu di sekolah rendah dan menengah rendah (BPK, 2018). Lee (2018) mengatakan bahawa walaupun murid telah mempunyai asas berkaitan dengan konsep tersebut, namun pemahaman secara menyeluruh perlu dititikberatkan supaya murid kompeten untuk mengaplikasikannya dalam kehidupan seharian. Tahap pemahaman yang kukuh dalam kalangan murid menjadi faktor penting dalam mempengaruhi pencapaian murid dalam bidang pembelajaran ini (Lue, 2020; Prasetya et al., 2024).

KSSM Biologi juga mengutamakan kemahiran proses sains yang lazimnya diperoleh melalui aktiviti eksperimen (BPK, 2018; Mat Rasid Ishak, 2014; Tan et al., 2020). Padilla (1990) mentakrifkan kemahiran proses sains sebagai keupayaan yang boleh dipindahkan, bersesuaian dengan disiplin sains dan mencerminkan tingkah laku seorang saintis. Terdapat 12 kemahiran proses sains yang perlu dikuasai oleh murid Biologi iaitu memerhatikan, menjelaskan, mengukur dan menggunakan nombor, membuat inferens, meramal, berkomunikasi, menggunakan perhubungan ruang dan

masa, mentafsir data, mendefinisi secara operasi, mengawal pemboleh ubah, membuat hipotesis dan mengeksperimen (BPK, 2018).

Seterusnya, KSSM Biologi mementingkan nilai murni melalui pembentukan efikasi sendiri (BPK, 2018). Efikasi sendiri merupakan kepercayaan individu terhadap keyakinan untuk melaksanakan tugas Biologi bagi mencapai sesuatu matlamat. Antara elemen efikasi sendiri yang diterapkan adalah melatih murid supaya tidak mudah berputus asa, bersedia mengulangi eksperimen pada bila-bila masa, menerima teguran dan cabaran dengan positif serta menunjukkan daya usaha yang tinggi untuk mengatasi masalah yang dihadapi sehingga mencapai matlamat pembelajaran Biologi dengan penuh keyakinan (BPK, 2018; Fatin Aliah Phang et al., 2020).

Sehubungan itu, pencapaian, kemahiran proses sains dan efikasi sendiri dalam Biologi boleh ditambah baik melalui pengaplikasian makmal maya dalam proses pengajaran dan pembelajaran (PdP). Makmal maya boleh ditakrifkan sebagai perisian komputer yang membolehkan murid menjalankan eksperimen secara maya (Ahmed & Hasegawa, 2021; Aljuhani et al., 2018; Bajpai, 2013; Bogusevschi et al., 2020; Chan et al., 2021; De Jong et al., 2013; Falode & Onasanya, 2015; Özdemir, 2019; Singhai, 2018). Terdapat dua komponen makmal maya iaitu (i) simulasi dan (ii) animasi yang bertujuan untuk menyediakan pengalaman kepada murid untuk mengendalikan eksperimen secara maya tanpa perlu berada di dalam makmal fizikal (Hartini et al., 2019; Peechapol, 2021; Singhai, 2018; Sison et al., 2024).

Sejajar dengan itu, terdapat keperluan untuk membangunkan modul berintegrasikan makmal maya iaitu Modul BioNutri-Makmal Maya (BioNutri-MM). Modul BioNutri-MM ialah modul pembelajaran yang mengintegrasikan makmal maya untuk pembelajaran teori dan eksperimen bagi bidang pembelajaran Nutrisi dan Sistem

Pencernaan Manusia. Bio merupakan singkatan bagi Biologi, Nutri merujuk kepada bidang pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia manakala MM merujuk kepada makmal maya. Melalui modul ini dijangka berpotensi meningkatkan pencapaian bagi bidang pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia, kemahiran proses sains dan efikasi sendiri dalam Biologi.

1.2 Latar Belakang Kajian

Matlamat Pembangunan Lestari yang keempat (SDG4) berhasrat untuk memastikan pendidikan berkualiti dicapai menjelang tahun 2030 (United Nation General Assembly [UNGA], 2015). Melalui sasaran pertama dalam SDG4, pembelajaran yang efektif mengupaya murid sekolah menengah untuk mendapatkan pengetahuan dan kemahiran yang relevan untuk diaplikasikan dalam kehidupan seharian. Jika usaha ini berjaya, maka secara tidak langsung turut merealisasikan matlamat pembangunan lestari kedua (SDG2) iaitu kesedaran untuk mengekalkan kesihatan melalui pengambilan nutrisi yang seimbang dalam pemakanan. Bukan itu sahaja, usaha ini juga memberi implikasi yang positif terhadap kesejahteraan kesihatan melalui gaya hidup sihat secara berterusan seperti yang digariskan dalam Matlamat Pembangunan Ketiga (SDG3).

Bertepatan dengan hasrat tersebut, salah satu inisiatif yang terkandung dalam Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia (PPPM) 2013-2025 adalah untuk mengukuhkan Pendidikan Sains, Teknologi, Kejuruteraan dan Matematik (STEM) (Kementerian Pendidikan Malaysia [KPM], 2013). Mata pelajaran Biologi merupakan suatu cabang dalam pendidikan STEM. Melalui kurikulum yang digubal, bidang pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia memberi tumpuan kepada

keberkesanan PdP melalui pemerolehan pengetahuan dan konsep serta aktiviti eksperimen melalui kerja amali dalam kalangan murid (BPK, 2018).

KSSM mata pelajaran Biologi merangkumi dua tema dan 15 bidang pembelajaran yang perlu dikuasai dengan baik oleh murid tingkatan empat seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 1.1.

Jadual 1.1

Tema dan Bidang Pembelajaran KSSM Mata Pelajaran Biologi Tingkatan Empat

Tema	Bidang Pembelajaran
Asas Biologi	1.0 Pengenalan kepada Biologi dan Peraturan Makmal
	2.0 Biologi sel dan Organisasi Sel
	3.0 Pergerakan Bahan Merentasi Membran Plasma
	4.0 Komposisi Kimia dalam Sel
	5.0 Metabolisme dan Enzim
	6.0 Pembahagian Sel
	7.0 Respirasi Sel
Fisiologi Manusia dan Haiwan	8.0 Sistem Respirasi Manusia dan Haiwan
	9.0 Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia
	10.0 Pengangkutan dalam Manusia dan Haiwan
	11.0 Keimunan Manusia
	12.0 Koordinasi dan Gerak Balas dalam Manusia
	13.0 Homeostasis dan Sistem Urinari Manusia
	14.0 Sokongan dan Pergerakan dalam Manusia dan Haiwan
	15.0 Pembiakan Seks, Perkembangan dan Pertumbuhan

Sumber: *Dokumen Standard Kurikulum dan Pentaksiran (DSKP) KSSM Biologi Tingkatan 4 dan 5 (BPK, 2018)*

Berdasarkan Jadual 1.1, tema pertama ialah asas biologi yang bertujuan untuk memberi kefahaman sains tentang biologi melalui pemerolehan pengetahuan biologi secara penyiasatan saintifik dengan kaedah inkuiri. Tema kedua pula ialah fisiologi manusia dan haiwan yang bermatlamat untuk memberikan kefahaman tentang proses

fisiologi yang berlaku dalam manusia dan haiwan. Dalam konteks kajian ini, bidang pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia ditekankan bagi memastikan murid menguasai bidang pembelajaran ini dengan lebih baik, memperoleh kemahiran saintifik yang betul serta memperkasa keyakinan murid dalam pembelajaran biologi.

Bidang pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia merupakan bidang yang kesembilan dalam KSSM Biologi Tingkatan Empat (BPK, 2018). Menerusi bidang pembelajaran ini, terdapat tujuh Standard Kandungan yang perlu dikuasai oleh murid iaitu (i) sistem pencernaan, (ii) pencernaan, (iii) penyerapan, (iv) asimilasi, (v) penyahtinjaan, (vi) gizi seimbang dan (vii) isu kesihatan berkaitan dengan sistem pencernaan dan tabiat pemakanan. Secara ringkasnya, Standard Pembelajaran bagi setiap Standard Kandungan merangkumi struktur-struktur sistem pencernaan manusia dan fungsi-fungsinya, mekanisma bagi tiga proses utama iaitu pencernaan, penyerapan dan asimilasi serta aplikasi pengetahuan nutrisi untuk mengatasi penyakit-penyakit yang berkait rapat dengan sistem pencernaan.

Sehubungan itu, penguasaan murid dalam setiap Standard Kandungan sangat penting untuk meningkatkan pencapaian bagi bidang pembelajaran ini. Dengan adanya pencapaian yang baik, murid boleh mengukuhkan amalan pemakanan seimbang dan mengaplikasikannya dengan lebih berkesan dalam kehidupan seharian. Misalnya, murid berupaya membincangkan isu-isu berkaitan dengan masalah kesihatan untuk mencari langkah penyelesaian yang lebih proaktif. Maka timbul kesedaran untuk menjaga kesihatan demi kesejahteraan diri, masyarakat dan negara supaya masalah kesihatan seperti obesiti, kencing manis dan darah tinggi dapat dikurangkan pada masa hadapan selari dengan matlamat kesihatan sedunia (BPK, 2018; Marlina Abdullah, 2021; Subiantoro & Mutiarani, 2020).

Bagi mengukuhkan teori dan konsep yang dipelajari oleh murid, BPK (2018) menekankan aktiviti eksperimen dalam bidang pembelajaran ini untuk murid mendapatkan kemahiran proses sains. Jadual 1.2 menunjukkan 12 kemahiran proses sains yang digariskan dalam KSSM Biologi Tingkatan 4. Jadual ini juga turut menunjukkan secara spesifik kemahiran proses sains yang diukur dan kemahiran proses sains yang telah digugurkan dalam kajian ini.

Jadual 1.2

Kemahiran Proses Sains dalam KSSM Biologi Tingkatan 4 serta Kemahiran Proses Sains yang Diukur dan Digugurkan dalam Kajian

Kemahiran Proses Sains dalam KSSM Biologi Tingkatan 4	
• Memerhatikan • Mengelaskan • Mengukur dan menggunakan nombor • Membuat inferens • Meramal • Berkomunikasi	• Menggunakan perhubungan ruang dan masa • Mentafsir data • Mendefinisi secara operasi • Mengawal pemboleh ubah • Membuat hipotesis • Mengeksperimen
Kemahiran Proses Sains Yang Diukur	Kemahiran Proses Sains yang Digugurkan
• Memerhatikan • Mengukur dan menggunakan nombor • Membuat inferens • Berkomunikasi • Mentafsir data • Mengawal pemboleh ubah • Membuat hipotesis • Mengeksperimen	• Mengelaskan • Meramal • Menggunakan perhubungan ruang dan masa • Mendefinisi secara operasi

Sumber: *Dokumen Standard Kurikulum dan Pentaksiran (DSKP) KSSM Biologi Tingkatan 4 dan 5 (BPK, 2018)*

Berdasarkan Jadual 1.2, hanya lapan daripada 12 kemahiran proses sains yang diukur dalam kajian ini iaitu memerhatikan, mengukur dan menggunakan nombor, membuat inferens, berkomunikasi, mentafsir data, mengawal pemboleh ubah, membuat hipotesis dan mengeksperimen kerana kemahiran ini perlu ditambah baik bagi memastikan keberkesanan pembelajaran (Mohamad & Ong, 2013; Siew et al.,

2021). Selain itu, kelapan-lapan kemahiran ini sesuai dengan jenis aktiviti yang dilaksanakan dalam persekitaran maya. Pemilihan kemahiran proses sains turut mempertimbangkan kekangan teknikal seperti ketiadaan peluang untuk melakukan manipulasi fizikal terhadap bahan dan radas sebenar (Sari et al., 2020). Justeru, pengkaji mengecualikan kemahiran yang melibatkan sentuhan atau manipulasi fizikal kerana kemahiran ini tidak dapat dilaksanakan dalam persekitaran makmal maya.

Menurut Tatli dan Ayas (2010), walaupun makmal maya membantu murid memahami konsep sains dan meningkatkan kemahiran penyiasaan saintifik tertentu, tetapi tidak sepenuhnya menggantikan pengalaman dunia sebenar dalam mengasah semua jenis kemahiran proses sains terutamanya yang melibatkan manipulasi fizikal objek dan persekitaran. Sehubungan itu, kajian ini menumpukan kemahiran yang dapat difahami murid melalui simulasi dan animasi. Dalam kajian ini, kemahiran proses sains mengelaskan, meramal, menggunakan perhubungan ruang dan masa dan mendefinisi secara operasi digugurkan kerana sukar disimulasikan secara realistik dalam persekitaran makmal maya. Sebagai contoh, kemahiran seperti mengelaskan memerlukan pelbagai bahan fizikal atau spesimen sebenar. Selain itu, kemahiran ini kurang ketara dalam pelaksanaan eksperimen maya kerana data dan langkah eksperimen biasanya sudah dipandu berbanding pelaksanaan eksperimen fizikal yang lebih terbuka (Consignado, 2025; Tatli & Ayas, 2010; Tuysuz, 2010).

Seterusnya, Jadual 1.3 menunjukkan aktiviti-aktiviti eksperimen yang perlu dijalankan oleh murid tingkatan empat dalam bidang pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia.

Jadual 1.3

Aktiviti Eksperimen dalam Bidang Pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia

Aktiviti Eksperimen	Tajuk Eksperimen
Aktiviti 9.1	Mengkaji pencernaan kanji dalam sampel makanan
Aktiviti 9.2	Mengkaji pencernaan protein dalam sampel makanan
Aktiviti 9.3	Mengkaji pencernaan lipid dalam sampel makanan
Aktiviti 9.4	Mengkaji nilai tenaga dalam sampel makanan
Aktiviti 9.5	Menentukan kandungan vitamin C dalam jus buah-buahan dan sayur-sayuran
Aktiviti 9.6	Mengkaji kesan suhu terhadap kandungan vitamin C dalam jus oren

Sumber: *Dokumen Standard Kurikulum dan Pentaksiran (DSKP) KSSM Biologi Tingkatan 4 dan 5 (BPK, 2018)*

Berdasarkan Jadual 1.3, murid menjalankan enam aktiviti eksperimen mengikut ketetapan kurikulum yang telah dirangka. Semasa pelaksanaan aktiviti eksperimen, murid diberi peluang untuk menjalankan penyiasatan menggunakan kemahiran proses sains. Berlandaskan kepada kepentingan kemahiran ini, mulai tahun 2021, KPM telah melaksanakan semula Ujian Amali Sains (UAS) secara Peperiksaan Pusat bagi menggantikan Kertas 3 Sijil Pelajaran Malaysia (SPM) yang bertujuan untuk memantapkan kemahiran proses sains dalam kalangan murid (KPM, 2020a; Nazihah Idris et al., 2022). Apabila murid menguasai kemahiran proses sains dengan baik, mereka berupaya membuat keputusan secara kreatif, analitis dan sistematik (Padilla, 1990; Siregar et al., 2022) untuk menyelesaikan sesuatu masalah berkaitan nutrisi dan sistem pencernaan manusia dalam kehidupan seharian (BPK, 2018; Lilia Halim, 2015; Rose Amnah Abd Rauf et al., 2013; Siahaan et al., 2017).

Keberkesanan pembelajaran Biologi bergantung kepada efikasi sendiri murid yang tinggi untuk mencapai sesuatu matlamat terutamanya dalam bidang pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia yang disifatkan sebagai satu bidang

pembelajaran yang sukar dan kompleks. Menurut Bandura (1977), efikasi sendiri merujuk kepada kepercayaan bahawa murid berkeupayaan dalam menyusun atur dan melaksanakan suatu siri tindakan yang diperlukan untuk menyempurnakan satu tugas. Efikasi sendiri menentukan tingkah laku murid seperti pilihan terhadap aktiviti, daya usaha dan kesungguhan dalam menghadapi cabaran (Pajares, 2012; Siti Seri Kartini Mohd Yatim, 2022). Semakin tinggi tahap efikasi sendiri, semakin tinggi kecenderungan murid untuk memilih aktiviti yang mencabar, lebih cekal dan tidak mudah berputus asa. Selain itu, murid yang mempunyai tahap efikasi sendiri yang tinggi juga dikatakan lebih bermotivasi untuk belajar dan memberi fokus dengan lebih lama dalam sesuatu tugas. Sehubungan dengan itu, kajian berkaitan efikasi sendiri murid dalam Biologi perlu dijalankan dengan lebih mendalam kerana efikasi sendiri merupakan domain afektif yang penting untuk meningkatkan keyakinan bagi melahirkan murid Biologi yang berkualiti iaitu sentiasa gigih menghadapi cabaran yang mendatang (Atiyah, 2020; Ramnarain & Ramla, 2018; Wan Hanum Suraya Wan Mohamed & Jamal@Nordin Yunus, 2019).

Dalam era pendigitalan pendidikan, transformasi pendekatan konvensional kepada pendekatan pembelajaran yang lebih fleksibel adalah diperlukan (An, 2021; Azzahra et al., 2024; Beichumila et al., 2022b; Byukusenge et al., 2023; KPM, 2023a). Bidang pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia boleh diperkasa melalui pengintegrasian teknologi dalam proses PdP selaras dengan hasrat PPPM iaitu memanfaatkan teknologi untuk mencapai pendidikan berkualiti (KPM, 2013). Bertitik tolak daripada itu, pengaplikasian makmal maya berpotensi menyediakan murid dengan kemahiran dan pengetahuan saintifik yang relevan bagi mengoptimumkan kompetensi murid (BPK, 2018; Lee et al., 2021; Samosa, 2021; Usman et al., 2021) terutamanya bagi bidang pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia.

Kajian ini bertujuan untuk membangunkan modul pembelajaran bagi bidang pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia yang berintegrasikan makmal maya iaitu Modul BioNutri-Makmal Maya (BioNutri-MM). Menurut Singhai (2018), makmal maya terdiri daripada dua komponen utama iaitu (i) simulasi dan (ii) animasi. Lazimnya, simulasi dibangunkan menggunakan teknologi tiga dimensi (3D) untuk menyediakan persekitaran maya seolah-olah murid menjalankan eksperimen secara fizikal (Setyowati et al., 2024; Singhai, 2018; Son et al., 2016). Melalui simulasi, murid berpeluang mengatur kedudukan dan orientasi objek dengan berinteraksi dengan radas dan bahan serta mengawal parameter untuk memerhatikan perubahan atau tindak balas yang terhasil (Murugan Mini Ratamun, 2018; Sison et al. 2024). Tindak balas ini kemudiannya akan dipaparkan melalui animasi iaitu pergerakan sesuatu objek (Akpinar, 2014; Suyanta et al., 2022). Contohnya, bagi eksperimen menguji kehadiran kanji dalam sampel makanan, simulasi berlaku apabila murid menggerakkan dan meletakkan bahan seperti ampai kanji, enzim amilase dan larutan Benedict melalui fungsi *drag and drop* untuk dimasukkan ke dalam tabung uji. Dengan adanya simulasi, Beichumilla et al. (2022c) dan Herga et al. (2016) berpendapat bahawa konsep sains yang abstrak dapat diringkaskan menjadi lebih konkrit dan memudahkan murid untuk memahaminya dengan lebih jelas.

Mayer (2001) menyatakan bahawa animasi merupakan elemen multimedia yang membenarkan murid mengintegrasikan pengetahuan sedia ada dengan pengetahuan yang baharu. Secara tidak langsung, pemprosesan aktif berlaku dalam perwakilan mental bagi membantu murid untuk membina makna dan sekali gus dapat menguasai kemahiran proses sains dengan lebih baik (Celik, 2022; Mayer, 2001; Saputri et al., 2021). Simulasi dan animasi juga berkesan untuk merangsang pembelajaran konsep nutrisi dan sistem pencernaan manusia dengan lebih interaktif,

menarik dan menyeronokkan bagi meningkatkan efikasi sendiri murid dalam Biologi (Ferdinand et al., 2024; Norazilawati Abdullah et al., 2016; Potkonjak et al., 2016; Tuysuz, A., & Ozdemir, 2025).

Beberapa platform makmal maya antarabangsa telah digunakan secara meluas dalam Pendidikan Sains seperti *Physics Education Technology* (PhET), *Labster* dan *Online Labs* (OLabs) (Ng & Chua, 2023; Praveen et al., 2022). Pembangunan makmal maya dalam kajian ini mengambil inspirasi daripada kelebihan tiga platform sedia ada iaitu PhET yang mudah diakses, *Labster* yang menawarkan persekitaran 3D realistik, dan OLabs yang menekankan simulasi dalam eksperimen. Namun demikian, makmal maya yang dibangunkan ini mengatasi kekurangan utama ketiga-tiganya dalam konteks Malaysia dengan menyediakan kandungan yang selari dengan KSSM Biologi Tingkatan 4. Selain itu, bahasa Melayu digunakan sebagai medium utama bagi memastikan kesesuaian dengan konteks tempatan. Makmal maya ini juga mengintegrasikan struktur pedagogi yang menyokong pembelajaran secara kolaboratif dan interaktif. Pendekatan ini membolehkan makmal maya berfungsi bukan sekadar sebagai platform teknologi, tetapi sebagai persekitaran pembelajaran yang terancang, mendorong kerjasama serta menggalakkan interaksi aktif antara murid dan guru bagi mencapai pembelajaran yang bermakna.

Kesimpulannya, berdasarkan latar belakang kajian yang telah dinyatakan, terdapat kepentingan untuk membangunkan Modul BioNutri-MM yang melibatkan lapan aktiviti yang terkandung dalam bidang pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia. Modul ini diharapkan dapat bagi meningkatkan pencapaian murid dalam bidang pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia, kemahiran proses sains dan efikasi sendiri dalam Biologi.

1.3 Pernyataan Masalah

Kurikulum Biologi mengutamakan pendidikan nutrisi yang lestari supaya murid boleh mengaplikasikan pengetahuan tersebut dalam kehidupan seharian (BPK, 2018). Walau bagaimanapun, amalan pemakanan sihat dan gaya hidup seimbang dalam kalangan murid masih menjadi cabaran utama kerana aspek ini kurang dipupuk daripada peringkat awal (Barwood et al., 2020). Menurut Al Fatihah et al. (2022), kesedaran terhadap amalan ini sebenarnya bergantung kepada sejauh mana murid memahami dan menguasai konsep nutrisi dan sistem pencernaan manusia dengan baik.

Namun begitu, prestasi murid dalam domain Sains *Programme For International Student Assessment* (PISA) 2022, mencatatkan skor sebanyak 416, iaitu penurunan sebanyak 21 mata berbanding pada tahun 2018 (KPM, 2023b). Keputusan ini mencerminkan kekurangan dalam asas kefahaman saintifik murid dalam menerapkan pengetahuan sains dalam konteks dunia sebenar, termasuk konsep nutrisi dan sistem pencernaan manusia. Maka tidak hairanlah Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia merupakan bidang pembelajaran yang sukar dikuasai oleh murid tingkatan empat (Lee, 2018; Norlidah Alias et al., 2014; Nurul Hafizah Masni, 2017). Ditinjau dari sudut ini, Rafiza Rosli dan Nor Asniza Ishak (2022) melaporkan bahawa 83 peratus murid mempunyai kefahaman minimum bagi konsep struktur pencernaan manusia, diikuti dengan 77 peratus pencernaan kimia dan 60 peratus bagi konsep penyerapan dan asimilasi. Justeru, data ini menunjukkan bahawa tahap pemahaman yang rendah terhadap konsep pencernaan dan sistem pencernaan manusia memberi kesan langsung terhadap pencapaian murid, sekali gus menghalang murid daripada mencapai prestasi cemerlang (Lue, 2020; Maimunah Nasir, 2016).

Berdasarkan kajian-kajian lepas, dapat disimpulkan bahawa faktor utama yang mempengaruhi pencapaian yang kurang memuaskan dalam kalangan murid adalah disebabkan konsep nutrisi dan sistem pencernaan manusia bersifat abstrak dan kompleks (Cimer, 2012; Hadiprayitno et al., 2019). Proses penyerapan nutrien, pencernaan enzim dan metabolisme yang berlaku di dalam tubuh tidak dapat dilihat secara langsung dan memerlukan pemahaman konsep dan teori yang mendalam (Lee, 2018; Prasetya et al., 2024). Selain itu, isi kandungan pembelajaran adalah terlalu padat (Byukusenge et al., 2023; Chukwuemeka et al., 2019) dan terdapat banyak istilah saintifik yang perlu difahami oleh murid (Wan Nasriha Wan Mohamed Salleh et al., 2021). Oleh yang demikian, Saidatul Ainoor Shaharim (2023) berpendapat bahawa murid lebih cenderung untuk menghafal fakta berbanding menguasai konsep tersebut dengan lebih mendalam.

Sementara itu, penguasaan murid tingkatan empat dalam kemahiran proses sains berada di bawah paras purata 56 peratus apabila dibandingkan dengan paras 67 peratus yang ditetapkan (Mohamad & Ong, 2013). Hasil tinjauan merumuskan bahawa murid masih belum menguasai kemahiran proses sains iaitu memerhatikan, mengeksperimen, mentafsir data, mengukur dan menggunakan nombor, membuat inferens, membina hipotesis, mengawal pemboleh ubah dan berkomunikasi (Rafiza Rosli & Nor Asniza Ishak, 2022; Siahaan et al., 2017; Siew et al., 2021). Walaupun murid menjalankan eksperimen sebenar di makmal fizikal, namun mereka masih gagal menghubungkan prosedur eksperimen dengan konsep saintifik. Hal ini berlaku kerana tumpuan murid lebih terarah kepada mengikuti langkah-langkah yang ditetapkan dalam manual eksperimen tanpa benar-benar memahami tujuan dan prinsip sains di sebalik setiap langkah yang dilakukan. Dalam konteks ini, penggunaan pendekatan

pengajaran yang mengutamakan konsep-konsep saintifik secara visual dan dinamik berupaya meningkatkan penguasaan kemahiran proses sains dalam kalangan murid.

Lee et al. (2020) dan Nirmala dan Darmawati (2021) berpendapat bahawa faktor utama yang menyumbang kepada masalah ini adalah kekangan masa untuk melaksanakan eksperimen. Dalam satu sesi pembelajaran, waktu yang diperuntukan untuk pembelajaran Biologi adalah selama 60 minit (BPK, 2018). Tempoh ini tidak mencukupi untuk murid menjalankan eksperimen bermula dari pernyataan masalah hingga kepada membuat kesimpulan (Nazihah et al., 2022; Prasetya et al. 2024). Akibatnya, murid kurang mahir dalam menggunakan kemahiran proses sains yang tepat dan menyebabkan kesilapan dalam hasil eksperimen. Selain itu, penguasaan kemahiran proses sains yang tidak memuaskan turut dipengaruhi oleh beberapa faktor lain seperti radas dan bahan tidak mencukupi (Crandall et al. 2015), kos peralatan makmal yang tinggi (Angrisani et al., 2020; Syahfitri et al., 2019) serta infrastruktur makmal yang tidak sempurna (Tanti et al., 2020). Lanjutan daripada itu, guru sekadar membuat demonstrasi eksperimen sahaja tanpa melibatkan murid secara aktif semasa sesi pembelajaran eksperimen berlangsung (Beichumila et al., 2022a; Nazihah Idris et al., 2022; Siahaan et al., 2017).

Fatin Aliah Phang et al. (2020) melaporkan bahawa peratus keyakinan murid dalam domain Biologi menurun dengan ketara daripada 38 peratus pada tahun 2003 kepada hanya 8 peratus pada tahun 2019. Walaupun data *Trends in Mathematics and Science Studies* (TIMSS) menunjukkan minat dan penghargaan murid terhadap domain Biologi kekal tinggi dan melebihi purata antarabangsa namun aspek keyakinan diri berada pada tahap yang sangat rendah, sekali gus menempatkan Malaysia di kedudukan kedua terbawah pada tahun 2011, 2015, dan 2019. Penurunan ini berpunca daripada kandungan kurikulum yang sukar, pendekatan pengajaran yang kurang

mengaitkan konsep sains dengan kehidupan seharian murid serta pendekatan pentaksiran yang terlalu menekankan pencapaian skor peperiksaan berbanding pembelajaran bermakna (Fatin Aliah Phang et al., 2020). Keadaan ini menyekat kepercayaan murid terhadap keyakinan diri untuk memahami, mengaplikasi dan menguasai kandungan Biologi (Mohamad Hisyam Ismail et al., 2022).

Bandura (1977) menegaskan bahawa pengalaman masteri, pengalaman vikarius, pujukan sosial dan keadaan emosi dan fisiologi menjadi asas utama dalam pembentukan efikasi sendiri dalam kalangan murid. Jika asas-asas utama ini tidak dititikberatkan, hal ini boleh membawa kepada pembentukan tingkah laku yang negatif. Murid yang mempunyai efikasi sendiri yang rendah tidak menggunakan pendekatan yang sesuai semasa menjalankan aktiviti pembelajaran Biologi (Fitriyana et al., 2021; Kolo et al., 2017). Misalnya, murid melaksanakan eksperimen tanpa menggunakan kemahiran saintifik yang betul, sehingga mengakibatkan pembaziran bahan dan masa (Kurt, 2021; Solikhin et al., 2022). Sementara itu, Daud dan Bahri (2024) dan Guzey et al. (2016) mengatakan bahawa murid mudah berputus asa apabila berhadapan dengan tugas sulit. Bertitik tolak daripada keadaan ini, murid cenderung memilih untuk tidak melakukan tugas di luar kebiasaan (Pajares, 2012; Papalazarou et al., 2024; Punyasettro & Yasri, 2021). Murid dengan tahap efikasi sendiri yang rendah juga kurang berusaha untuk memahami sesuatu konsep Biologi secara mendalam sekali gus mengurangkan peluang murid untuk meneroka, berinteraksi dan mengaplikasikan pengetahuan secara aktif (Bandura, 1977; Lerdpornkulrat et al., 2012; Power et al., 2025).

Berdasarkan masalah di atas, pendekatan pengajaran yang sedia ada kurang berkesan untuk diaplikasikan dalam PdP Biologi. Pendekatan pengajaran berpusatkan guru menyebabkan murid sukar untuk memahami konsep sains dengan jelas

(Norazilawati Abdullah et al., 2022) khususnya dalam bidang pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia yang memerlukan pemahaman konsep yang bersifat abstrak serta melibatkan proses biologi yang kompleks. Keadaan ini menjadikan murid lebih bersifat pasif iaitu sekadar mendengar, mencatat dan menghafal fakta tanpa terlibat dalam aktiviti pembelajaran yang membolehkan mereka membina pemahaman sendiri secara konstruktivis. Tambahan pula, ketiadaan strategi pembelajaran yang mendorong visualisasi, penerokaan dan pemodelan proses pencernaan menyebabkan murid kurang kompeten untuk menghubungkan secara mendalam antara nutrien, fungsi organ dan proses fisiologi dalam badan.

Bagi menambah baik kualiti pembelajaran Biologi, pendekatan pengajaran berintegrasikan makmal maya adalah relevan untuk diaplikasikan di sekolah (Prasetya et al., 2024; Yildirim et al., 2021). Pada tahun 2023, simulasi PhET telah diperkenalkan melalui pelantar *Digital Educational Learning Initiative Malaysia* (DELIMA) sebagai salah satu usaha memperkasa pembelajaran eksperimen secara digital dalam kalangan guru dan murid (KPM, 2023a). Namun begitu, penggunaan PhET masih dilihat terhad dari segi kesesuaian kandungan dengan KSSM Biologi, kerana sebahagian besar simulasi yang tersedia adalah lebih memfokuskan kepada bidang Fizik dan Kimia (Murugan Mini Ratamun & Kamisah Osman, 2018; Sumaiyah Abd Rahman et al. 2021). Hal ini menunjukkan keperluan untuk membangunkan makmal maya yang lebih relevan dan selari dengan KSSM Biologi Tingkatan Empat khususnya bagi bidang pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia.

Sehubungan dengan itu, kajian ini mencadangkan pembangunan Modul BioNutri-MM yang dijangkakan boleh mengatasi masalah pencapaian bagi bidang pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia, kemahiran proses sains serta efikasi sendiri dalam Biologi.

1.4 Objektif Kajian

Secara umumnya, objektif kajian terdiri daripada dua fasa iaitu fasa pembangunan modul dan fasa keberkesanan modul. Secara spesifiknya, objektif kajian ini adalah untuk:

1. Membangunkan Modul BioNutri-MM bagi bidang pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia Tingkatan Empat.
 - 1.1 Membangunkan makmal maya sebagai salah satu komponen dalam Modul BioNutri-MM.
2. Mengenal pasti keberkesanan penggunaan Modul BioNutri-MM dalam meningkatkan pencapaian bagi bidang pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia.
3. Mengenal pasti perbezaan skor min dalam kemahiran proses sains melalui penggunaan Modul BioNutri-MM antara kumpulan rawatan dan kumpulan kawalan.
4. Mengenal pasti perbezaan skor min dalam efikasi sendiri dalam Biologi melalui penggunaan Modul BioNutri-MM antara kumpulan rawatan dan kumpulan kawalan.
5. Mendalami sejauh mana Modul BioNutri-MM dari persepsi murid berkesan dalam meningkatkan:
 - 5.1 pencapaian bagi bidang pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia
 - 5.2 kemahiran proses sains
 - 5.3 efikasi sendiri dalam Biologi

1.5 Persoalan Kajian

Persoalan kajian ini adalah:

1. Bagaimanakah Modul BioNutri-MM bagi bidang pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia tingkatan empat dapat dibangunkan?
 - 1.1 Bagaimanakah makmal maya sebagai salah satu komponen dalam Modul BioNutri-MM dibangunkan?
2. Adakah terdapat kesan yang signifikan penggunaan Modul BioNutri-MM dalam meningkatkan pencapaian murid bagi bidang pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia dengan mengawal praujian?
3. Adakah terdapat perbezaan skor min yang signifikan dalam kemahiran proses sains melalui penggunaan Modul BioNutri-MM antara kumpulan rawatan dan kumpulan kawalan?
4. Adakah terdapat perbezaan skor min yang signifikan dalam efikasi sendiri dalam Biologi melalui penggunaan Modul BioNutri-MM antara kumpulan rawatan dan kumpulan kawalan?
5. Sejauh manakah Modul BioNutri-MM dari persepsi murid berkesan dalam meningkatkan:
 - 5.1 pencapaian bagi bidang pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia?
 - 5.2 kemahiran proses sains?
 - 5.3 efikasi sendiri dalam Biologi?

1.6 Hipotesis Kajian

Hipotesis Nol dibina untuk menjawab persoalan kajian 2, 3 dan 4.

H_{01} : Tidak terdapat perbezaan yang signifikan pada skor min dalam pencapaian bagi bidang pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia melalui penggunaan Modul BioNutri-MM antara kumpulan rawatan dan kumpulan kawalan dengan mengawal praujian.

H_{02} : Tidak terdapat perbezaan yang signifikan pada skor min dalam kemahiran proses sains melalui penggunaan Modul BioNutri-MM antara kumpulan rawatan dan kumpulan kawalan.

H_{03} : Tidak terdapat perbezaan yang signifikan pada skor min dalam efikasi sendiri dalam Biologi melalui penggunaan Modul BioNutri-MM antara kumpulan rawatan dan kumpulan kawalan.

1.7 Kepentingan Kajian

Modul BioNutri-MM yang mengintegrasikan makmal maya merupakan satu pendekatan baharu dalam proses PdP bagi bidang pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia dalam mata pelajaran Biologi tingkatan empat. Oleh yang demikian, kajian ini mempunyai kepentingan kepada murid, guru, ibu bapa dan Kementerian Pendidikan Malaysia (KPM).

1.7.1 Murid

Yildirim (2021) menyatakan bahawa pembelajaran melalui Modul BioNutri-MM memberi penekanan kepada aspek kognitif, psikomotor dan afektif murid. Bagi aspek kognitif, integrasi makmal maya dalam pembelajaran Biologi membantu murid untuk memahami konsep biologi yang abstrak dengan lebih konkrit. Selain itu,

pengalaman dalam persekitaran interaktif dan visual yang berterusan berpotensi untuk mencipta pembelajaran yang bermakna. Pembelajaran bermakna terjadi apabila berlaku perubahan dalam kefahaman murid, dan mereka mampu mengaplikasikan pengetahuan serta kemahiran yang dipelajari dalam situasi kehidupan sebenar.

Bagi aspek psikomotor pula, murid dapat mengasah kemahiran proses sains dengan lebih mendalam melalui interaksi dengan makmal maya. Penggunaan makmal maya membolehkan murid mengawal pemboleh ubah eksperimen dengan lebih tepat walaupun hanya menggunakan tetikus atau papan kekunci sahaja. Di samping itu, pengulangan simulasi eksperimen juga berpotensi memperkukuh kemahiran proses sains, menjadikan murid lebih bersedia untuk menggunakan kemahiran tersebut dalam makmal sebenar seperti menghadapi Ujian Amali Sains (UAS).

Seterusnya dari segi afektif pula, penggunaan makmal maya sebagai alat sokongan dalam persekitaran PdP yang menyeronokkan dan menarik dapat meningkatkan keyakinan murid (Fikriyah & Ahied, 2020). Oleh itu, murid lebih bermotivasi dan menunjukkan minat yang lebih tinggi terhadap kerjaya masa depan terutamanya dalam bidang Anatomi dan Sains Kesihatan (Kim et al., 2017).

1.7.2 Guru

Modul BioNutri-MM berperanan sebagai pemudahcara bagi guru dengan menggabungkan amalan pedagogi dalam bilik darjah dan makmal maya. Melalui Rancangan Pengajaran Harian (RPH) yang dibina berdasarkan kombinasi teori dan model, modul ini berpotensi meningkatkan kemahiran pedagogi dalam mengajar konsep nutrisi dan sistem pencernaan manusia dengan bantuan makmal maya secara lebih berkesan. Kemahiran ini penting untuk membantu guru merangsang kemahiran

berfikir aras tinggi (KBAT) dalam kalangan murid melalui pendekatan dinamik dan berpusatkan murid.

Kajian ini penting sebagai panduan kepada latihan pelaksanaan makmal maya bagi pengajaran bidang pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia dalam kalangan guru Biologi. Perkongsian amalan terbaik untuk pengajaran makmal maya boleh dilaksanakan untuk meningkatkan kompetensi guru Biologi khususnya dalam aspek pengetahuan dan kemahiran menggunakan makmal maya (Almuqbil, 2020; Klein et al. 2021; Muhamad Nazrul Zainol Abidin et al., 2021).

1.7.3 Ibu bapa

Modul BioNutri-MM membolehkan ibu bapa memantau perkembangan akademik anak mereka melalui tugas dan eksperimen dengan lebih dekat. Ibu bapa dapat memahami kandungan pembelajaran Biologi dengan lebih baik dan membolehkan mereka memberi bimbingan yang lebih berkesan kepada anak-anak di rumah. Selain itu, ibu bapa dapat memahami kaedah pembelajaran terkini yang melibatkan teknologi iaitu makmal maya. Melalui makmal maya, ibu bapa dapat melihat secara langsung pelaksanaan simulasi eksperimen dalam bidang pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia sekali gus memperkaya pengalaman pembelajaran murid di rumah.

1.7.4 Kementerian Pendidikan Malaysia (KPM)

Kementerian Pendidikan Malaysia (KPM) telah memperkenalkan Dasar Pendidikan Digital dengan bermatlamat untuk melahirkan generasi literasi digital yang berdaya saing, berpengetahuan, berkemahiran dan beretika dalam penggunaan teknologi digital (KPM, 2023b). Modul BioNutri-MM yang mengintegrasikan

makmal maya diharapkan dapat merealisasikan pelan strategik yang digariskan dalam Dasar Pendidikan Digital di Malaysia. Di samping itu, kajian ini berupaya menyumbang kepada perkembangan ilmu dalam mengintegrasikan makmal maya untuk menambah baik dan melancarkan proses PdP Biologi di sekolah menengah di Malaysia selaras dengan aspirasi dalam PPPM 2013-2025 iaitu memanfaatkan Teknologi Maklumat dan Komunikasi (TMK) dalam pendidikan.

1.8 Definisi Operasional

Istilah-istilah berikut perlu diberikan takrifan dalam konteks kajian ini bagi memastikan pemahaman yang lebih jelas mengenai kajian yang dijalankan.

1.8.1 Pencapaian Murid dalam Bidang Pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia

Pencapaian bermaksud keberkesanan dan kualiti proses pembelajaran berdasarkan pengalaman murid di sekolah (Noor Baizura Bahrum, 2021; OECD, 2015). Dalam konteks kajian ini, pencapaian merujuk kepada penguasaan kemahiran mengingat, memahami, mengaplikasi dan menganalisis melalui 40 soalan aneka pilihan yang dikemukakan dalam Ujian Pencapaian Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia (UPNSPM).

1.8.2 Kemahiran Proses Sains (KPS)

Kemahiran proses sains (KPS) adalah kemahiran intelek untuk murid merancang dan menjalankan sesuatu penyiasatan saintifik (Noor Fadzilah Aris & Shakinaz Desa, 2012; Padilla, 1990). Dalam konteks kajian ini, KPS merupakan kemahiran saintifik yang digunakan oleh murid untuk menjalankan penyiasatan yang dikemukakan dalam Ujian Kemahiran Proses Sains (UKPS) dalam bentuk amali

bertulis. UKPS terdiri daripada lima soalan struktur yang mentaksir keupayaan murid menggunakan lapan kemahiran proses sains iaitu (i) memerhatikan, (ii) mengukur dan menggunakan nombor, (iii) membuat inferens, (iv) membina hipotesis, (v) mengawal pemboleh ubah (vi) berkomunikasi, (vii) mentafsir data dan (viii) mengeksperimen. Dalam kajian ini, hanya lapan daripada 12 kemahiran proses sains dikaji memandangkan kemahiran tersebut perlu ditambah baik bagi memastikan keberkesanan pembelajaran (Mohamad & Ong, 2013; Siew et al., 2021).

Selain itu, kesemua kemahiran ini sesuai dengan aktiviti dalam persekitaran makmal maya. Pemilihan ini mengambil kira batasan teknikal dan pedagogi, terutamanya ketiadaan manipulasi fizikal bahan dan radas sebenar. Empat kemahiran lain iaitu mengelaskan, meramal, menggunakan perhubungan ruang dan masa serta mendefinisi secara operasi digugurkan kerana sukar disimulasikan secara realistik dan kurang relevan dalam eksperimen maya yang berpandukan langkah serta data yang telah disediakan.

1.8.3 Efikasi Kendiri

Efikasi kendiri adalah kepercayaan individu terhadap keyakinan untuk melaksanakan tugas atau tindakan yang diperlukan untuk mencapai sesuatu matlamat (Bandura, 1986; Fitriani et al., 2018; Jamali et al., 2017). Bandura (1977) menggariskan sumber pembentukan efikasi kendiri iaitu pengalaman masteri, pengalaman vikarius, pujukan sosial dan keadaan emosi dan fisiologi. Efikasi kendiri dalam kajian ini diukur melalui Soal Selidik Efikasi Kendiri Biologi (EKB) yang diadaptasi daripada Solikhin et al. (2020). Soal Selidik EKB merangkumi enam konstruk iaitu (i) pilihan aktiviti, (ii) usaha, (iii) ketekunan, (iv) pencapaian, (v) belajar dan (vi) strategi orientasi. Keenam-enam konstruk yang terkandung dalam soal selidik

ini sejajar dengan dimensi efikasi sendiri yang digariskan oleh Bandura (1977) serta relevan dengan keperluan kajian ini untuk menilai keyakinan murid dalam melaksanakan tugas dan mencapai matlamat pembelajaran Biologi.

1.8.4 Modul BioNutri-Makmal Maya (BioNutri-MM)

Modul BioNutri-Makmal Maya (BioNutri-MM) merupakan sebuah modul pembelajaran bercetak yang dibangunkan khusus untuk memenuhi keperluan pembelajaran Biologi murid tingkatan empat bagi bidang pembelajaran Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia. Modul ini mengandungi lapan set aktiviti yang dirangka yang mana setiap aktiviti disokong oleh penggunaan makmal maya bagi melibatkan murid secara aktif melalui pembelajaran teori, pelaksanaan simulasi eksperimen, merekod keputusan eksperimen, perbincangan, penilaian formatif dan membuat kesimpulan. Modul ini turut disertakan dengan panduan guru yang merangkumi Rancangan Pengajaran Harian (RPH) bagi setiap aktiviti bagi memastikan guru kompeten untuk melaksanakan pengajaran dan pembelajaran (PdP) yang berintegrasikan makmal maya.

1.8.4(a) Makmal Maya

Dalam kajian ini, makmal maya merupakan perisian komputer di mana peserta dalam kumpulan rawatan melaksanakan pembelajaran teori dan eksperimen dalam persekitaran maya. Dua komponen makmal maya iaitu (i) simulasi tiga dimensi (3D) dan (ii) animasi membenarkan murid berinteraksi dengan radas dan bahan dalam persekitaran maya memberikan pengalaman seolah-olah murid menjalankan eksperimen dalam makmal fizikal. Makmal maya yang dibangunkan oleh pengkaji diintegrasikan ke dalam Modul BioNutri-MM sebagai bahan bantu belajar bagi bidang