

Model Thayer, Proses Penyelidikan STEM dan Bioteknologi (*Thayer Model, STEM Research Process and Biotechnology*)

Kok Kean Hin¹

¹ Jabatan Perancangan, Penyelidikan & Inovasi, Institut Pendidikan Guru Kampus Pendidikan Islam, Bangi, Selangor

*Pengarang Koresponden: kok11-133@epembelajaran.edu.my

Accepted: 15 February 2022 | Published: 1 March 2022

DOI: <https://doi.org/10.55057/jdpd.2022.4.1.8>

Abstrak: *Pemetaan di antara proses pengajaran dan pembelajaran bioteknologi dengan Thayer Model dan proses penyelidikan STEM jarang dijalankan dalam subjek sains tambahan di Malaysia. Kajian ini bertujuan untuk mengenal pasti kesesuaian untuk menyepadukan Model Thayer dan proses penyelidikan STEM dalam topik bioteknologi. Dapatan kajian ini mendapati bahawa langkah-langkah dalam Model Thayer dan proses penyelidikan STEM dalam aktiviti-aktiviti modul M-Biotek-STEM. Justeru, pelaksanaan kajian dengan modul M-Biotek-STEM ini dijangka dapat membantu pelajar aliran teknik dan vokasional dalam proses pengajaran dan pembelajaran dalam subjek sains tambahan ini. Implikasi kajian ini adalah pengintegrasian elemen-elemen dalam Model Thayer dan proses penyelidikan STEM dalam modul ini dapat membina semula pengetahuan baharu dan relevan dengan kehidupan seharian. Pelajar juga dapat mengamalkan pembelajaran aktif secara hands-on serta menyelesaikan masalah dengan langkah-langkah yang disyorkan dalam Thayer Model dan proses penyelidikan STEM.*

Kata kunci: Inkuiri, kejuruteraan genetik, penapaian, penyepaduan, virus Zika

Abstract: *The mapping of teaching and learning process in biotechnology with Thayer Model and STEM research process was seldom conducted in additional science. This study was carried out to identify the appropriateness of integrating both Thayer Model and STEM research process in biotechnology. The elements of Thayer Model and STEM research process could be integrated appropriately in the activities of the M-Biotek-STEM module. Hence, the future implementation of M-Biotek-STEM module would help students of technic and vocational stream in the teaching and learning of biotechnology. Implication of this study was the integration of Thayer Model and STEM research process would help students to rebuild their knowledge that relevant to real life experience. Students would be an active learner and solve their given problems hands-on with the steps introduced in Thayer Model and STEM research process.*

Keywords: Fermentation, genetic engineering, inquiry, integration, Zika virus

1. Pengenalan

M-Biotek-STEM ialah singkatan bagi Malaysian, Bioteknologi, Sains, Teknologi, Kejuruteraan dan Matematik. Kesemua disiplin disepadukan merentasi sebuah modul M-Biotek-STEM. Modul ini direka bentuk berdasarkan strategi pengajaran dan pembelajaran

(PdP) STEM. Strategi pelaksanaannya adalah berdasarkan kepada pendekatan 5E, pembelajaran berasaskan inkuiri, pembelajaran berasaskan masalah, proses penyelidikan STEM dan penyepaduan teknologi maklumat dan komunikasi dalam pengajaran dan pembelajaran (PdP). Modul ini terdiri daripada dua edisi, yakni panduan guru dan buku kerja pelajar.

Disiplin bioteknologi untuk modul M-Biotek-STEM ini adalah terhad kepada isi kandungan topik bioteknologi yang dinyatakan dalam Huraian Sukatan Pelajaran Sains Tambahan Tingkatan 5 (Bahagian Perkembangan Kurikulum, 2013). Teknologi yang digunakan di dalam modul ini adalah seperti *YouTube* dan *search engine* yang terdapat dalam talian seperti *Google*, *Yahoo*, *MSN Bing* dan sebagainya. Perisian-perisian komputer yang lazim seperti *Microsoft Office (Word, Excel dan Powerpoint)* akan diaplikasikan oleh pelajar untuk menyiapkan tugas. Selain daripada itu, pelajar juga akan menggunakan proses penyelidikan STEM untuk mereka bentuk eksperimen ataupun projek mini. Kemudiannya, mereka akan menggunakan kemahiran matematik sedia ada dalam menganalisis data-data kajian.

Aktiviti-aktiviti yang dirancang di dalam modul M-Biotek-STEM dihubungkan dengan contoh-contoh kehidupan seharian. Matlamat utama modul ini adalah untuk membantu pelajar-pelajar menguasai pengetahuan dalam topik bioteknologi dan kemahiran abad ke-21 (era literasi digital, inventif dan nilai-nilai kerohanian dan murni) yang berkaitan dengan topik bioteknologi. Penilaian formatif sepanjang pelaksanaan modul akan dijalankan.

Matlamat utama modul M-Biotek-STEM adalah untuk menyepadukan strategi-strategi kurikulum STEM dan kemahiran abad ke-21 (era literasi digital, inventif dan nilai-nilai kerohanian dan murni). Pada penghujung pembelajaran, pelajar diharapkan dapat menguasai konsep-konsep dalam topik bioteknologi dan kemahiran abad ke-21 (era literasi digital, inventif dan nilai-nilai kerohanian dan murni). Selain itu, pelajar-pelajar diharapkan dapat menguasai kemahiran menyelesaikan masalah kehidupan sebenar setelah mempelajari pengetahuan dan kemahiran daripada bidang-bidang sains, teknologi, kejuruteraan dan matematik. Seterusnya, konsep dan kerangka modul ini diharapkan boleh menjadi rujukan kepada topik-topik bidang STEM lain yang berkaitan.

Objektif pembangunan Modul M-Biotek-STEM adalah untuk membolehkan pelajar-pelajar;

- 1) menguasai topik bioteknologi dalam mata pelajaran sains tambahan tingkatan 4 dan tingkatan 5.
- 2) menguasai kemahiran-kemahiran abad ke-21 seperti era literasi digital dan inventif.
- 3) mengamalkan nilai-nilai kerohanian dan murni.
- 4) menyelesaikan masalah-masalah kehidupan sebenar yang berkaitan dengan bioteknologi dengan mengintegrasikan pengetahuan dan kemahiran-kemahiran daripada sains, teknologi, kejuruteraan dan matematik.

Setiap aktiviti bermula dengan strategi PdP 5E. Seterusnya, terdapat empat bahagian; Bahagian A (Refleksi Guru), Bahagian B (Penilaian terhadap pembentangan kumpulan sendiri), Bahagian C (Refleksi diri) (Rujuk Aktiviti 2 dan Aktiviti 6).

2. Ulasan Kajian Lepas

Bahagian Pembangunan Kurikulum (2013) telah mencadangkan lima langkah utama Pembelajaran Berasaskan Masalah (PBM) merentasi kurikulum, i. kenal pasti dan faham masalah, ii. jelaskan masalah, iii. cari alternatif penyelesaian, iv. laksanakan operasi

penyelesaian masalah, v. nilaikan penyelesaian yang dicapai. Menurut Schmidt dan Moust (1998), lima langkah dalam pembelajaran sendiri berasaskan pembelajaran Pembelajaran Berasaskan Masalah (PBM) adalah i. guru memberikan satu scenario masalah, ii. satu kumpulan tutorial pelajar dibentuk, iii. pembelajaran sendiri berlaku, iv. pelajar berbincang dalam kumpulan tutorial dan v. pelajar membuat refleksi terhadap cadangan penyelesaian yang dikemukakan. Dalam Modul PBM yang dicadangkan oleh Torp dan Sage (2002) pula, empat langkah yang dicadangkan adalah i. memahami masalah yang dikemukakan, ii. mengumpul maklumat yang berkenaan, iii. mencari penyelesaian terbaik untuk masalah dan iv. mempersembahkan cara penyelesaian. Dalam Modul M-Biotek-STEM (MBS), Model Thayer bagi penyelesaian masalah kejuruteraan digunakan (Thayer School of Engineering At Dartmouth, 2016). Model ini sesuai digunakan untuk menyelesaikan sebarang masalah sosial. Di samping itu, pelajar didedahkan kepada scenario masalah sebenar semasa mencari penyelesaian. Susunan langkah-langkah utama dalam Model Thayer adalah seperti yang berikut:

- i. Menyatakan permasalahan dengan teliti
- ii. Mendefinisikan semula permasalahan untuk menyingkirkan bias
- iii. Mengenal pasti kekangan dan mendefinisikan faktor-faktor pengkhususan
- iv. Mengenal pasti penyelesaian alternatif
- v. Membuat analisis terhadap alternatif sedia ada
- vi. Memilih alternatif yang paling sesuai
- vii. Mengulangi kitaran sehingga penyelesaian terbaik dapat dicari.

Kebanyakan buku teks sains tidak disediakan dengan aktiviti-aktiviti makmal yang membolehkan pelajar menggunakan kemahiran-kemahiran dalam reka bentuk kejuruteraan untuk menyelesaikan masalah konsep-konsep sains. Brunsell (2012) telah mencadangkan agar Model Thayer untuk penyelesaian masalah kejuruteraan disepadukan ke dalam kelas sains.

Dalam kajian ini, lima langkah utama Model Thayer digunakan iaitu, i. pelajar mengenal pasti masalah, ii. pengkhususan permasalahan kajian, iii. pelajar menjana penyelesaian alternatif, iv. pelajar menganalisis penyelesaian alternatif dan v. pelajar memilih penyelesaian terbaik. Model ini membolehkan pelajar-pelajar berperanan sebagai seorang jurutera genetik untuk menyelesaikan masalah sebenar seperti kekurangan antibiotik untuk perubatan.

Menurut Lilia (2013), pelajar Malaysia tidak diberi peluang untuk menetapkan hipotesis dan mendefinisi secara operasi dalam eksperimen. Hakikatnya, kebanyakan kemahiran proses sains terus disenaraikan dalam buku amali. Pelajar-pelajar hanya mengikut prosedur yang diberikan dalam amali tanpa berfikir dan bertanya. Guru sendiri juga kurang mahir menjalankan eksperimen secara terbuka tanpa buku panduan.

Penyiasatan saintifik dan kemahiran bereksperimen adalah penting dalam pendidikan STEM dan perlu dipupuk sejak zaman persekolahan rendah lagi. Sanders (2009) telah menyatakan bahawa pendidikan STEM perlu mengaplikasikan kemahiran dan pengetahuan STEM untuk mereka bentuk eksperimen, menjalankan eksperimen, menganalisis dan menginterpretasi data serta berkomunikasi.

Proses penyelidikan STEM merujuk kepada eksperimen yang dijalankan untuk menyelesaikan masalah dalam bidang-bidang STEM. Kaedah saintifik yang digunakan merupakan kaedah inkuiri yang membantu pelajar memahami kejadian alam (Harland, 2011). Inkuiri di dalam penyepaduan disiplin-disiplin STEM dapat mencerminkan inkuiri saintifik yang mengutamakan penyolaan pelajar, pengumpulan bukti, penerangan dan persembahan

keputusan kajian (Bryan, Moore, Johnson & Roehrig, 2016). Jurutera, saintis dan ahli matematik selalu menggunakan reka bentuk dan inkuiri saintifik secara rutin serentak dengan penyelesaian masalah kejuruteraan dan masalah dunia sebenar (Sanders, 2009). Mereka selalunya menjalankan eksperimen untuk menguji hipotesis dan membuat kesimpulan. Selain itu, penyepaduan disiplin-disiplin STEM juga memberi peluang kepada pelajar K-12 untuk membangunkan kemahiran abad ke-21, kemahiran kognitif, kemahiran intrapersonal dan interpersonal dan keupayaan yang diperlukan di dalam alam pekerjaan abad ke-21 (Bryan et al., 2016). Proses penyelidikan STEM ini adalah relevan dengan kurikulum sains tambahan Malaysia. Ini disebabkan oleh keupayaan mereka bentuk eksperimen merupakan salah satu kriteria di bawah penilaian amali sains, PEKA (Lee, 2015).

3. Dapatan Kajian

3.1 Aktiviti 2: Proses penapaian dalam industri farmaseutikal

Aktiviti	2
Tajuk	Proses penapaian dalam industri farmaseutikal
Keperluan masa	160 minit (2 minggu)(boleh diubah mengikut kesesuaian sekolah)
Hasil pembelajaran	i. memerihalkan proses penapaian ii. memberikan contoh penggunaan penapaian dalam industri farmaseutikal
Kaedah pengajaran & pembelajaran	Teknologi, maklumat & komunikasi, perbincangan berkumpulan
Penerangan aktiviti dan perkaitannya dari segi sains, teknologi, kejuruteraan dan matematik	Di dalam aktiviti ini, anda berperanan sebagai jurutera bioperubatan. Anda perlu menggunakan pengetahuan anda di dalam bidang sains, bioteknologi, teknologi makanan, kemahiran berkomputer, kemahiran dalam matematik untuk menyelesaikan masalah tentang rebakan penyakit Zika dan pencegahan jangkitan ini pada masa depan dengan menghasilkan vaksin penyakit Zika ini. Anda boleh menggunakan maklumat daripada kit pengesanan penyakit denggi kerana nyamuk Aedes merupakan pembawa virus kepada kedua-dua penyakit ini. Selain itu, anda boleh menyebarkan langkah-langkah pencegahan penyakit Zika kepada masyarakat umum di dalam kawasan tempat tinggal anda.
Apakah peranan jurutera bioperubatan?	Jurutera bioperubatan perlu mengaplikasikan ilmu bioperubatan untuk menyelesaikan isu kekurangan kit pengesan virus Zika dengan cepat dan berkesan. Mereka perlu merancang kaedah penyelesaian masalah dengan mengambil kira aspek-aspek seperti kos pelaksanaan, faktor alam sekitar dan kesediaan masyarakat untuk menerima sesuatu yang baru. Kaedah penyelesaian yang dicadangkan mesti memberi faedah kepada generasi kini dan dapat dilanjutkan kepada generasi-generasi yang akan datang.

<p>Permulaan</p> <p>Penglibatan (Engage)</p>	<p style="text-align: center;"><i>Serangan ZIKA sudah sampai di Klang!</i></p> <p>PUTRAJAYA, 1 Sept 2016-Selepas Singapura, Malaysia menjadi negara ASEAN kedua diserang oleh penyakit ZIKA!</p> <p>Menurut Menteri Kesihatan, Datuk Seri S. Subramaniam, mangsa pertama negara ialah seorang perempuan cina berusia 58 tahun yang menetap di Bandar Ambang Botanic, Klang, Selangor. Beliau pernah mengunjungi anak perempuannya di Singapura pada 19 Ogos 2016 sebelum pulang ke Malaysia pada 21 Ogos. Anak perempuannya di Singapura telah dikenalpasti sebagai salah seorang mangsa jangkitan ZIKA. (Sumber: <i>The Star</i>. 2016. 1 September.)</p>
<p>Tugasan</p> <p>Penerokaan (Explore)</p> <p>Catatan: Pelajar digalakkan mencari maklumat tambahan berkaitan daripada laman sesawang dan sumber-sumber lain.</p>	<p>Senario: Seseorang yang dijangkiti virus Zika mungkin menunjukkan kesan-kesan seperti demam yang ringan, bintik-bintik merah pada kulit dan konjunktivitis (penyakit mata merah) dalam jangka masa seminggu. Yang membimbangkan ialah 80% daripada mangsa jangkitan ZIKA tidak menunjukkan sebarang simptom. (Sumber: <i>The Star</i>. 2016. 6 September.)</p> <p>Anda perlu mereka bentuk satu kaedah bioperubatan yang bersesuaian untuk meningkatkan kualiti dan kuantiti vaksin sedia ada untuk mangsa-mangsa di Malaysia. Anda boleh mengikut langkah-langkah penyediaan vaksin yang sedia ada tetapi perlu membuat penambahbaikan yang mungkin sesuai terhadapnya agar ia dapat mencegah serangan virus Zika.</p> <p>Untuk pengetahuan tambahan, pelajar boleh mengetahui penghasilan <i>penicilin</i> melalui <i>YouTube</i>. Contohnya, <i>DIY Homemade Penicilin</i> oleh James Xu. Penicilin ialah antibiotik yang dihasilkan untuk membunuh bakteria. Walaupun ia tidak dapat membunuh virus Zika, pelajar boleh mendapatkan idea baru untuk menyelesaikan masalah mereka melalui proses penghasilan antibiotik ini.</p> <p>Maklumat tambahan boleh didapati daripada; http://en.wikipedia.org/wiki/Production_of_antibiotics dan http://www.madehow.com/Volume-4/Antibiotic.html#b</p> <p>Panduan dalam penyelesaian masalah anda:</p> <ol style="list-style-type: none"> i. Mengenal pasti masalah ii. Menganalisis masalah iii. Mencadangkan penyelesaian yang bersesuaian iv. Menjana idea untuk menyelesaikan masalah (sumbangsaran) v. Mengenal pasti penyelesaian(perancangan, kos pelaksanaan, cara pelaksanaan) vi. Melaksanakan penyelesaian
<p>Penerangan & Penghuraian (Explain & Elaborate)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Pasukan anda menyediakan portfolio untuk idea baru anda. - Anda boleh berkongsi idea dengan rakan-rakan di dalam kelas melalui pembentangan secara berkumpulan. - Anda boleh berkongsi pengalaman di dalam platform seperti Facebook (closed group sekolah anda) dan laman sesawang rasmi sekolah. - Hasil daripada projek /portfolio boleh ditunjukkan kepada semua pelajar di kawasan sekolah. Contohnya, pameran mini di makmal sains.
<p>Penilaian</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Persembahan setiap ahli pasukan akan dinilai.

(Evaluate)	- Borang penilaian disediakan untuk menilai keberkesanan reka bentuk dari segi kos, kebolegunaan, kreativiti, mesra alam dan sebagainya (penilaian rakan sebaya, penilaian sendiri dan penilaian oleh guru).
------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

3.2 Aktiviti 6: Aplikasi kejuruteraan genetik

Aktiviti	6
Tajuk	Aplikasi Kejuruteraan genetik - <i>DNA fingerprinting (finger-thumbs-printing / “Super detektif”)</i>
Keperluan masa	160 minit (2 minggu)(boleh diubahsuai mengikut kesesuaian sekolah)
Hasil pembelajaran	i. menyatakan maksud kejuruteraan genetik ii. memberikan contoh aplikasi dalam kejuruteraan genetik iii. menyenaraikan kebaikan kejuruteraan genetik
Kaedah pengajaran dan pembelajaran	Teknologi, maklumat & komunikasi, perbincangan berkumpulan, eksperimen
Penerangan aktiviti dan perkaitannya dengan sains, teknologi, Kejuruteraan dan matematik	Sesetengah ciri manusia dapat diwarisi ke generasi seterusnya. Sesetengah ciri pula tidak dapat diwarisi seterusnya ke generasi lain. Setiap manusia mempunyai cap jari. Cap jari manusia adalah unik. Tiada dua manusia yang mempunyai cap jari yang sama. Oleh itu, cap jari adalah satu cara yang paling berkesan untuk membezakan manusia. Di dalam aktiviti ini, anda berperanan sebagai jurutera genetik. Anda perlu menggunakan pengetahuan anda di dalam bidang sains, bioteknologi, kemahiran berkomputer, kemahiran dalam matematik untuk menyelesaikan masalah tentang genetik. <i>Stamp pad</i> ink hitam tidak beracun, pencuci cecair alkohol, kertas tisu, kaca pembesar, pita pelekat lebar dan lutsinar(1 inci), berus warna halus, serbuk arang batu hitam, borang catatan.
Bahan bantu mengajar	
Apakah peranan jurutera genetik?	Jurutera genetik perlu mengaplikasikan ilmu bioteknologi untuk menyelesaikan isu-isu moral dan kekurangan yang mungkin berlaku. Mereka perlu merancang kaedah penyelesaian masalah dengan mengambil kira aspek-aspek seperti kos pelaksanaan, faktor alam sekitar dan kesediaan masyarakat untuk menerima sesuatu aplikasi bioteknologi dan genetik yang baru. Kaedah penyelesaian yang dicadangkan mesti memberi faedah kepada generasi kini dan dapat dilanjutkan kepada generasi-generasi yang akan datang.

Permulaan	Pelajar boleh merujuk kepada laman sesawang yang berkaitan dengan <i>DNA fingerprinting / DNA profiling</i> .
Penglibatan (Engage)	Maklumat tambahan: i. www.yourgenome.org/facts/what_is-a-dna-fingerprint . ii. https://www.youtube.com/watch?V=ZxWXCT9vVol Guru menjadi pemudahcara dalam aktiviti ini. Guru akan memberi panduan jika pelajar menghadapi masalah dalam pemahaman konsep <i>DNA fingerprinting / DNA profiling</i> selepas merujuk kepada laman sesawang.
Tugasan	Oleh sebab langkah-langkah pelaksanaan <i>DNA fingerprinting / DNA profiling</i> adalah sangat teknikal, ia tidak dapat dijalankan di dalam makmal sekolah. Oleh itu, guru akan menggunakan aktiviti <i>finger-thumbs-printing</i> untuk menerangkan konsep <i>DNA fingerprinting</i> secara analog. Guru perlu memberi panduan sebelum pelajar memulakan aktiviti.
Penerokaan (Explore)	Prosedur yang berkaitan:

<p>Catatan: Pelajar digalakkan mencari maklumat tambahan berkaitan daripada laman sesawang dan sumber-sumber lain.</p>	<p>a.Borang catatan cap jari untuk setiap pelajar dalam kumpulan perlu disediakan. b.Pelajar perlu membersihkan tangan mereka dan mengeringkan tangan mereka dahulu. c.Pelajar cuba memusingkan setiap jari dalam kedua-dua belah tangan di belakang borang catatan. d.Pelajar mencapkan <i>stamp pad</i> terhadap setiap jari kedua-dua tangan kiri dan kanan. e.Pelajar mencapkan setiap jari pada ruangan borang catatan dengan cermat. Jangan memusingkan jari semasa menekan ke atas borang catatan. Ruang yang telah dicap tidak dibenarkan dicap semula. f.Pelajar menanggalkan ink hitam pada jari dengan menggunakan pecuci cecair alkohol dan kertas tisu. g.Seterusnya, setiap kumpulan diberikan kertas putih, serbuk arang hitam, pita pelekat, berus halus. h.Setiap kumpulan diminta mencari cap jari yang tertinggal pada tingkap, meja, kerusi dan pemegang pintu kelas. i.Setiap kumpulan menggunakan berus halus untuk meletakkan serbuk arang batu hitam pada kesan cap jari yang ditemui. Selepas itu, kesan cap jari disapu dengan lembut agar ia jelas kelihatan. j.Pelajar menggunakan pita pelekat untuk melekatkan kesan cap jari ditemui dengan cermat dan lembut sebelum meletakkannya di atas kertas putih. k.Pelajar cuba mengesan pemilik kesan cap jari yang ditemui.</p> <p>Panduan dalam penyelesaian masalah anda:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.Mengenal pasti masalah 2.Menganalisis masalah 3.Mencadangkan penyelesaian yang bersesuaian 4.Menjana idea untuk menyelesaikan masalah (sumbangsaran) 5.Mengenal pasti penyelesaian(perancangan, kos pelaksanaan, cara pelaksanaan) 6.Melaksanakan penyelesaian
<p>Penerangan & Penghuraian (Explain & Elaborate)</p>	<p>- Anda boleh berkongsi pengalaman di dalam platform seperti <i>Facebook</i> (closed group sekolah anda) dan laman sesawang rasmi sekolah. - Hasil daripada projek /portfolio boleh ditunjukkan kepada semua pelajar di kawasan sekolah. Contohnya, pameran mini di makmal sains.</p>
<p>Penilaian (Evaluate)</p>	<p>- Persembahan setiap ahli pasukan akan dinilai. - Borang penilaian disediakan untuk menilai keberkesanan reka bentuk dari segi kos, kebolegunaan, kreativiti, mesra alam dan sebagainya (penilaian rakan sebaya, penilaian sendiri dan penilaian oleh guru).</p>

4. Perbincangan

4.1 Pelaksanaan Langkah-langkah Model Thayer dalam Aktiviti-aktiviti Modul M-Biotek-STEM

Pelaksanaan langkah-langkah Model Thayer dalam aktiviti-aktiviti modul M-Biotek-STEM (Aktiviti 2: Proses penapaian dalam industri farmaseutikal) adalah seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 1.

Jadual 1: Pelaksanaan langkah-langkah Model Thayer dalam aktiviti modul MBS

Bil.	Langkah	Penjelmaan dalam aktiviti modul MBS
1	Pemasalahan asal	Pelajar didedahkan kepada berita. “Jangkitan penyakit virus Zika menular ke Lembah Klang, Selangor, Malaysia”.
2	Menyatakan semula masalah	Pelajar mencari punca berlakunya penularan penyakit ini melalui keratan akhbar.
3	Pengkhususan	Pelajar mencari suatu vaksin untuk mencegah penularan penyakit virus Zika di Malaysia.

4	Menjana alternatif	Pelajar mencari penyelesaian dengan merujuk kepada kit pencegahan penyakit denggi di Malaysia dan maklumat berkaitan daripada laman sesawang. Mereka mereka cipta suatu kit pencegahan virus Zika yang bersesuaian.
5	Menganalisis alternatif	Pelajar menganalisis kesesuaian kit pencegahan penyakit virus Zika mengikut konteks keperluan masyarakat berbilang kaum di Malaysia dan mematuhi panduan Kementerian Kesihatan Malaysia serta kos produktiviti yang bersesuaian.

4.2 Pelaksanaan Langkah-langkah Proses Penyelidikan STEM dalam Aktiviti-aktiviti Modul M-Biotek-STEM

Pelaksanaan langkah-langkah proses penyelidikan STEM dalam aktiviti-aktiviti modul M-Biotek-STEM (Aktiviti 6: Aplikasi kejuruteraan genetik) adalah seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 2.

Jadual 2: Pelaksanaan langkah-langkah proses penyelidikan STEM dalam aktiviti modul MBS

Bil	Langkah	Penjelmaan dalam aktiviti modul MBS
1	Topik kajian dikenal pasti	I) Topik kajian ialah Aplikasi kejuruteraan genetik- <i>DNA fingerprinting (finger-thumbs-printing/ "super detektif")</i> .
2	Perancangan reka bentuk kajian	I) Objektif kajian: Memberikan contoh aplikasi dalam kejuruteraan genetik. II) Persediaan dalam bahan & radas: <i>stamp pad</i> ink hitam tidak beracun, kertas tisu, borang catatan cap jari, pencuci cecair alkohol dan kaca pembesar.
3	Pemahaman topik kajian	I) Latar belakang kajian: Seseengah ciri manusia tidak dapat diwarisi seterusnya ke generasi lain. Setiap manusia mempunyai cap jari yang unik. Tiada dua manusia yang mempunyai cap jari yang sama. Oleh itu, cap jari adalah satu cara yang paling berkesan untuk membezakan manusia.
4	Penulisan proposal (diubah suai mengikut kesesuaian kurikulum sekolah menengah)	I) Hipotesis; Cap jari berbeza jika dua manusia itu adalah berbeza. II) Pembelajaran kemahiran <i>hands-on</i> semasa eksperimen mengikut panduan guru. III) Prosedur makmal adalah seperti yang ditunjukkan dalam Lampiran S: Buku kerja pelajar (Aktiviti 6: Aplikasi kejuruteraan genetik).
5	Pelaksanaan eksperimen	I) Prosedur makmal adalah seperti yang ditunjukkan dalam Lampiran S: Buku kerja pelajar (Aktiviti 6: Aplikasi kejuruteraan genetik).
6	Analisis statistik	I) Eksperimen ini tidak melibatkan angka dan analisis statistik. Pelajar mempersembahkan hasil kerja mereka dalam borang catatan cap jari.
7	Interpretasi data	I) Maklumat didapati daripada borang catatan cap jari. II) Pelajar menerima / menolak hipotesis yang disebutkan dalam langkah 4: penulisan proposal dalam jadual ini. III) Kepentingan dapatan kajian dikenal pasti. Contohnya; perbezaan cap jari setiap manusia membantu polis dalam penyelesaian kes jenayah kerana keunikan ciri manusia, e.g. cap jari yang tidak boleh diwarisi dan boleh membezakan setiap penjenayah.
8	Pembentangan keputusan	I) Pelajar menulis laporan kajian ringkas berdasarkan hasil eksperimen dengan merujuk kepada panduan laporan PEKA yang disediakan oleh KPM. II) Pelajar mempersembahkan dapatan secara bertulis melalui borang catatan cap jari. III) Guru dan pelajar boleh membuat perbincangan tentang hasil dapatan mereka dan membuat kesimpulan tentang aplikasi kejuruteraan genetik.

5. Kesimpulan

Pembangunan modul bioteknologi ini dapat membantu pelajar aliran teknik dan vokasional tingkatan 4 dan tingkatan 5 dalam proses pengajaran dan pembelajaran subjek elektif sains tambahan. Selain itu, modul ini dapat dijadikan sumber rujukan tambahan selain daripada buku teks keluaran Kementerian Pendidikan Malaysia dan bahan bantu mengajar di sekolah. Pendekatan interdisiplin yang bergabung dengan Model Thayer dan proses penyelidikan STEM dalam topik bioteknologi ini diharapkan dapat memupuk pedagogi terkini dan pembelajaran bermakna dalam Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia 2013-2025. Di samping itu, pelajar aliran teknik dan vokasional ini yang mengambil sains tambahan terus menyambung pengajian mereka ke peringkat yang lebih tinggi dalam bidang teknik dan vokasional pada masa depan.

Penghargaan

Pengkaji ingin merakam ribuan terima kasih kepada pengarang asal kerana beliau telah memberikan kebenaran kepada pengkaji untuk menggunakan contoh aktiviti 2 dan aktiviti 6 yang diekstrak daripada tesis kedoktoran dan modul M-Biotek-STEMnya.

Rujukan

- Bahagian Pembangunan Kurikulum (BPK). (2013). Spesifikasi Kurikulum Sains Tambahan Tingkatan 5, Kurikulum Bersepadu Sekolah Menengah, Kementerian Pelajaran Malaysia, Putrajaya.
- Brunsell, E. (2012). Integrating Engineering and Science in Your Classroom. National Science Teachers Association.
- Bryan, L.A., Moore, T.J., Johnson, C.C., & Roehrig, G.H. (2016). Integrated STEM Education. In C.C. Johnson, E.E. Peters-Burton & T.J. Moore (Eds.), *STEM Road Map: A Framework for Integrated STEM Education* (pp. 23-37). Routledge.
- Editor. (2016, September 1). Zika attack in Klang. *The Star*.
- Editor. (2016, September 6). Symptoms of Zika virus. *The Star*.
- Harland, D.J. (2011). *STEM: Student Research Handbook*. National Science Teachers Association.
- Lee, C. H. (2015). *Pembangunan & Keberkesanan Modul Bio-stem dalam Pemupukan Kemahiran Abad ke-21 & Peningkatan Pencapaian Bagi Topik Nutrisi*[Unpublished doctoral dissertation]. Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Lilia Halim. (2013). *Pendidikan Sains dan Pembangunan Masyarakat Berliterasi Sains*. Penerbit Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM Education, STEMMANIA. *The Technology Teacher*, December/January, 20-27.
- Schmidt, H.G., & Moust, J.H.C. (1998, April 13-17). Processes that Shape Small-Group Tutorial Learning: A Review of Research [Working Paper]. Annual Meeting of the American Educational Research Association, San Diego, California, United States of America.
- Thayer School of Engineering At Dartmouth. (2016). What is engineering problem solving? thayer.dartmouth.edu/teps/what.html
- Torp, L., & Sage, S. (2002). *Problems as Possibilities: Problem Based Learning for K-16 Education*. Association for Supervision and Curriculum Development.