

Bioteknologi Dan Pemupukan Kemahiran Abad Ke-21 (*Biotechnology and Inculcation of 21st Century Skills*)

Kok Kean Hin^{1*}, Ruhizan Mohammad Yasin², Latifah Amin³

¹ Jabatan Ilmu Pendidikan, Institut Pendidikan Guru Malaysia Kampus Pendidikan Islam, Bangi, Malaysia

² Fakulti Pendidikan, Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, Malaysia

³ Pusat Citra, Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, Malaysia

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

Received: 25 December 2023 | Accepted: 15 January 2024 | Published: 1 March 2024

DOI: <https://doi.org/10.55057/jdpd.2024.6.1.3>

Abstrak: *Kajian berkaitan dengan pemupukan kemahiran abad ke-21 dalam bioteknologi Tingkatan 6 di Malaysia jarang dilaksanakan. Kajian rintis ini bertujuan untuk mengkaji persepsi pelajar tentang penggunaan modul bioteknologi, M-Biotek-STEM (MBS) dalam pemupukan kemahiran literasi era digital dan kemahiran literasi inventif. Tinjauan telah dijalankan ke atas 12 pelajar berusia 17-18 tahun Kolej Tingkatan 6 di daerah Kinta Utara, Perak dengan instrumen borang soal selidik T6-KA21. Dapatan kajian dianalisis dengan ujian ANOVA satu hala. Dapatan kajian menunjukkan bahawa tiada kesan yang utama faktor jantina dan Gred Sains Peperiksaan Menengah Rendah (PMR) terhadap pemupukan kemahiran abad ke-21 dalam pembelajaran topik bioteknologi. Dapatan juga menunjukkan bahawa pelajar secara puratanya berpendapat bahawa modul MBS boleh memupuk kemahiran literasi era digital dan kemahiran literasi inventif dalam masa pendedahan yang lebih lama.*

Kata Kunci: Bioteknologi, digital, inventif, kemahiran abad ke-21, tingkatan 6

Abstract: *Research related to inculcation of 21st century skills in sixth form (equivalent to GCE A-level) biotechnology were seldom conducted in Malaysia. This pilot study was carried out to investigate the perception of students using the biotechnology module, M-Biotek-STEM (MBS) to foster the 21st century skills, digital era literacy skills and inventive skills. A survey was conducted with 12 students, aged 17-18 years old, from a Form 6 College (Kolej Tingkatan 6) in Kinta Utara district, Perak. The instrument used was T6-KA21 questionnaire. The results were analysed with one-way ANOVA. Results showed that there were no significant effect between sex and lower secondary examination (PMR) Science score towards the inculcation of 21st century skills in biotechnology topic. Results also showed that the students averagely agreed that the MBS module was able to foster digital era literacy skills and the inventive skills in longer period of time.*

Keywords: Biotechnology, digital, Form 6, inventive, 21st century skills

1. Pengenalan

Bioteknologi merujuk kepada penggunaan dan manipulasi teknologi berlandaskan proses biologi ke atas sesuatu organisma hidup ataupun sebahagiannya dalam keadaan semulajadinya

untuk menghasilkan sesuatu produk, sistem, persekitaran baru atau menyelesaikan masalah (Moreland, Jones & Cowie, 2006; Wetherington, 2014).

Dalam konteks sistem pendidikan Malaysia, bioteknologi dijadikan subtopik dalam kurikulum sains dan biologi (Nurnadiah, Evi & Kamisah, 2014). Kurikulum sains dan biologi direka bentuk untuk membantu pelajar memperolehi kemahiran dan pengetahuan sains serta membina aplikasi pengetahuan, kemahiran menyelesaikan masalah dalam kehidupan menerusi pendekatan inkuiri dan berdasarkan sikap saintifik serta nilai murni dari Tingkatan 1 ke Tingkatan 5 (Bahagian Perkembangan Kurikulum, 2010a; BPK, 2010b; BPK, 2011a; BPK, 2011b; BPK, 2011c; BPK, 2012a; BPK, 2013b). Apabila pelajar melanjutkan pelajaran ke Tingkatan 6, mereka akan mempelajari bidang molekul biologi dan asid nukleik dalam semester 1 (Majlis Peperiksaan Malaysia, 2011a) dan bidang teknologi gen dan bioteknologi dalam semester 3 (MPM, 2011b).

Kemahiran abad ke-21 adalah elemen yang sangat mustahak untuk mengecapi kejayaan dalam pasaran kerja abad ke-21 (Dede, 2007). Kementerian Pendidikan Malaysia telah memberi penekanan kepada kemahiran berfikir dan kemahiran hidup dan kerjaya (BPK, 2014). Kemahiran berfikir meliputi kreatif, kritis, menaakul, berinovasi, menyelesaikan masalah dan membuat keputusan. Kemahiran hidup dan kerjaya pula meliputi komunikasi, kerja sepasukan, kepimpinan, fleksibel, berinisiatif dan terarah sendiri, teknologi, maklumat dan komunikasi (TMK), keusahawanan, belajar sepanjang hayat dan kebolehan menyesuaikan diri (BPK, 2014).

2. Ulasan Kajian Lepas

Akibat perubahan sosial, kemahiran literasi digital seperti berkeupaya untuk menggunakan teknologi digital, peralatan komunikasi dan perkhidmatan dalam talian diperlukan untuk mengakses maklumat untuk berinteraksi dalam masyarakat yang mementingkan pengetahuan dan maklumat (Lemke, Coughlin, Thadani & Martin, 2003; North Central Regional Education Laboratory & Metiri Group, 2003). Literasi era digital diperincikan kepada lapan sub-bidang; i. literasi asas, ii. literasi saintifik, iii. literasi ekonomi, iv. literasi teknologi, v. literasi visual, vi. literasi maklumat, vii. literasi kepelbagaian budaya, dan viii. kesedaran global (Jadual 1).

Jadual 1: Sub-bidang kemahiran literasi era digital

Literasi era digital	Penerangan
Literasi asas	Kecekapan berbahasa Inggeris dan numerasi dalam proses pencarian kerja di dalam Masyarakat era digital
Literasi saintifik	Pengetahuan konseptual saintifik yang diperlukan dalam membuat keputusan dan penyertaan dalam isu-isu sivik dan kebudayaan serta produktiviti dalam ekonomi
Literasi ekonomi	Keupayaan dalam mengenal pasti isu ekonomi; menganalisis insentif; menilai kesan perubahan akibat keadaan ekonomi semasa dan polisi awam; mengumpul dan menyusun bukti mengenai ekonomi; dan membandingkan kesan kos terhadap pulangan ekonominya
Literasi teknologi	Pengetahuan asas tentang teknologi; fungsi teknologi; tujuan teknologi digunakan; dan penggunaan teknologi yang berkesan dalam pencapaian matlamat yang khusus
Literasi visual	Keupayaan untuk menginterpretasi, menggunakan, menghargai dan mencipta imej dan video dengan menggunakan media tradisional dan media abad ke-21 dalam mengembangkan pemikiran, membuat keputusan berkomunikasi dan pembelajaran
Literasi maklumat	Keupayaan untuk mentafsir maklumat dari pelbagai sumber media secara kritikal dan menggunakannya dengan berkesan dengan bantuan teknologi dalam talian dan sumber elektronik
Literasi	Keupayaan untuk memahami dan menghormati nilai, adat dan kepercayaan yang

kepelbagaian budaya	mempunyai persamaan dan perbezaan dengan budaya sendiri
Kesedaran global	Pemahaman mengenai kewujudan hubungkait di antara organisasi antarabangsa, negara dan negeri, entiti ekonomi awam dan swasta, kumpulan sosiobudaya dan individu dalam dunia ini

Kajian Nurnadiah et al. (2014) menunjukkan bahawa penilaian pengetahuan, persepsi dan sikap masyarakat terhadap bioteknologi masih minimal manakala kajian tentang penilaian terhadap literasi saintifik dan literasi maklumat tentang bioteknologi di Malaysia belum pernah dijalankan. Secara keseluruhannya, tahap kefahaman pelajar terhadap pengetahuan bioteknologi masih sederhana di Malaysia (Nurnadiah et al., 2014). Walaupun topik bioteknologi diajar di dalam kurikulum sekolah merentasi subjek, namun pendedahan bioteknologi di dalam kehidupan seharian pelajar menghadapi kekangan disebabkan konsep-konsep bioteknologi yang abstrak seperti makanan ubahsuaian genetik dan kejuruteraan genetik.

Dapatan kajian Nur Suhaidah, Kamisah & Maria (2010) pula menunjukkan bahawa pelajar-pelajar berstatus sosioekonomi tinggi mencapai tahap literasi era digital yang lebih tinggi berbanding dengan pelajar berstatus sosioekonomi rendah. Perbezaan ini disebabkan oleh sumber pembelajaran tambahan yang diperolehi oleh pelajar berstatus sosioekonomi tinggi seperti tuisyen, komputer, buku rujukan terkini dan ruang bilik pembelajaran persendirian (Zahaya, 2008). Selain itu, pelajar berstatus sosioekonomi tinggi mempunyai literasi teknologi yang lebih tinggi kerana mereka selalu mengulangkaji subjek kimia dengan bantuan komputer untuk mengakses maklumat atas talian (Nur Suhaidah et al., 2010). Tambahan pula, perkembangan teknologi, maklumat dan komunikasi (TMK) yang pesat telah menyebabkan pelajar perlu mencapai kompetensi TMK yang sangat tinggi untuk berjaya pada abad ke-21 (Kamisah & Neelavany 2010).

Dari segi literasi asas, pelajar tidak mencapai tahap yang memuaskan dalam penguasaan Bahasa Inggeris (Kementerian Pendidikan Malaysia, 2014). Selain itu, pelajar Malaysia belum mencapai standard antarabangsa dalam literasi matematik dan saintifik berpandukan kepada keputusan penilaian PISA pada tahun 2010 dan 2012 dan TIMSS pada tahun 2007 dan 2011(KPM, 2014). Di samping itu, pelajar juga kurang dari segi literasi maklumat kerana mereka jarang membaca selain daripada buku rujukan dan buku teks untuk menghadapi peperiksaan (KPM, 2014). Oleh itu, pelajar perlu dilatih untuk berkomunikasi dengan pelbagai bahasa dalam konteks antarabangsa dan menguasai literasi maklumat melalui TMK untuk membantu mereka mempelajari sains dan teknologi secara efektif.

NCREL dan Metiri Group (2003) telah menetapkan enam sub-bidang kemahiran inventif seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 2.

Jadual 2: Sub-bidang kemahiran literasi inventif

Kemahiran inventif	Penerangan
Kebolehsuaian dan pengurusan kompleks	Keupayaan untuk mengubahsuaikan pemikiran, sikap dan tingkah laku untuk menyesuaikan diri dalam keadaan masa kini dan masa depan; keupayaan menangani pelbagai matlamat, tugas dan input; memahami dan mematuhi kekangan masa, sumber dan sistem
Terarah sendiri	Keupayaan untuk menetapkan matlamat pembelajaran; merancang untuk mencapai matlamat pembelajaran; mengurus masa dan berusaha dengan berdiskusi; dapat menilai kualiti pembelajaran dan hasil pembelajaran yang berkaitan dengan pengalaman secara sendiri
Rasa ingin tahu	Keghairahan untuk mengetahui sesuatu yang membawa kepada inkuiri yang

	selanjutnya
Kreativiti	Keupayaan untuk mereka cipta sesuatu yang baru, asli dan membawa nilai yang tidak terhingga kepada individu ataupun organisasi serta signifikan dalam aspek kebudayaan
Mengambil risiko	Kesanggupan dalam melakukan kesilapan, berani mencuba sesuatu yang baru dan bukan rutin; menyelesaikan masalah yang mencabar dengan tabah
Pemikiran aras tinggi dan penaakulan	Proses kognitif yang meliputi analisis, banding beza, membuat inferens, membuat interpretasi, menilai dan mensintesis yang digunakan dalam domain akademik dan konteks penyelesaian masalah

Kemahiran literasi inventif ialah keupayaan kognitif yang kritikal untuk melaksanakan sesuatu tugas dengan mudah dengan bantuan teknologi (Sanariah, Tuan Mastura & Kamisah, 2012). Inovasi dan inventif adalah penting dalam pembangunan sesebuah negara. Ini kerana inovasi dapat meningkatkan taraf hidup dan budaya (Noor Asmaliza, 2010). Menurut Amer (2006) dan Krawthohl (2002), keupayaan mereka cipta merupakan dimensi kognitif pada aras yang paling tinggi dan paling kompleks.

Dapatan kajian juga mendapati bahawa pelajar yang menggunakan kemahiran literasi inventif lebih mudah menyesuaikan diri dalam keadaan yang baru dan dapat mencari penyelesaian untuk masalah yang asing dan bukan rutin dengan lebih mudah (Taylor, Smith, Stolk & Spiegelman, 2010). Pelajar juga menunjukkan motivasi yang tinggi dalam penyelesaian masalah bukan rutin dalam aktiviti berkaitan inventif dan dapat menghubungkan konsep-konsep biologi yang dipelajari (Taylor et al., 2010). Selain daripada itu, proses reka cipta juga menggalakkan pemikiran kreatif dalam penghasilan produk baru. Oleh itu, aktiviti hands-on dan aktiviti minds-on yang berunsur inventif perlu digalakkan untuk pengajaran dan pembelajaran sains.

3. Pernyataan Masalah

Pembinaan kemahiran baru dapat membantu semua pelajar lelaki dan perempuan untuk menghadapi kehidupan yang mencabar di luar sekolah dan masa depan yang dapat mewujudkan daya saing yang positif antara satu sama lain. Di samping itu, kemahiran abad ke-21 yang dijana akan dapat menyediakan modal insan yang mempunyai nilai kebolehpasaran yang tinggi (Nurul Nashrah, Noor Hasimah & Nur Aida, 2015). Di dalam sistem pendidikan Malaysia, lebih ramai pelajar perempuan menyambung pengajian mereka ke bidang-bidang STEM di universiti. Pelajar lelaki lebih cenderung menjurus ke bidang teknikal dan vokasional selepas menengah atas ataupun terus memasuki dunia pekerjaan selepas tahap menengah atas. Justeru itu, kebanyakan pelajar tidak didedahkan dengan kemahiran abad ke-21 dengan secukupnya. Dapatan kajian lepas juga saling bercanggahan dari segi kesan perbezaan jantina terhadap pemupukan kemahiran abad ke-21.

Tuan Mastura, Nurazidawati & Kamisah (2011) dalam kajiannya dengan pelajar-pelajar fizik Tingkatan 4 menunjukkan bahawa jantina yang berbeza tidak mempengaruhi tahap penguasaan kemahiran abad ke-21. Begitu juga dengan dapatan kajian Rukiah dan Kamisah (2014) terhadap seramai 302 pelajar juga menunjukkan bahawa tiada kesan perbezaan jantina terhadap pemupukan kemahiran abad ke-21. Namun begitu, dapatan kajian Nurazidawati (2011) menunjukkan bahawa pelajar perempuan (min=3.91) mengatasi pelajar lelaki (min=3.77) dari segi pemupukan kemahiran abad ke-21 dalam subjek biologi.

Kesan perbezaan jantina terhadap kemahiran abad ke-21 mungkin disebabkan oleh pandangan yang berbeza di antara pelajar lelaki dan perempuan terhadap kepentingan penguasaan

kemahiran abad ke-21. Pelajar lelaki biasanya suka mereka cipta dan bermain permainan dalam talian, manakala pelajar perempuan lebih menjurus kepada berinteraksi dengan kawan-kawan di dalam laman sosial.

Selain itu, dapatan-dapatan kajian Rukiah dan Kamisah (2014) dan Tuan Mastura (2011) menyatakan bahawa pelajar lelaki lebih baik daripada pelajar perempuan dari segi kemahiran literasi era digital. Ini mungkin disebabkan oleh lelaki yang lebih meminati peralatan komputer dan bersikap positif terhadap teknologi, maklumat dan komunikasi (TMK) (Nur Mustafa, 2014).

Sebaliknya, kajian Nurazidawati (2011) mendapati bahawa pelajar perempuan mengatasi pelajar lelaki dalam kemahiran literasi era digital. Perbezaan jantina dari segi kemahiran literasi era digital adalah disebabkan oleh tujuan penggunaan TMK yang berbeza di antara pelajar lelaki dan pelajar perempuan. Pelajar lelaki lebih suka melakukan pengaturcaraan dalam aplikasi komputer, manakala pelajar perempuan lebih suka berinteraksi dengan kemudahan TMK.

Dapatan-dapatan kajian terhadap sub-domain kemahiran literasi era digital juga adalah tidak konsisten. Dapatan kajian menunjukkan tiada perbezaan yang signifikan dalam literasi numerasi antara lelaki dan perempuan (Awofala & Blessing, 2014). Namun begitu, lelaki mengatasi perempuan dari segi literasi saintifik (Mwosu & Ibe, 2014), literasi ekonomi (Moon, Ohk & Choi, 2014) dan literasi teknologi (Willson, 2014).

Selain daripada itu, dapatan kajian Masyuniza, Zamri, Syahida, Noor Syazwani & Vivi (2012) dan Masyuniza (2015) menunjukkan bahawa tiada perbezaan yang signifikan di antara jantina terhadap pemupukan kemahiran literasi inventif. Namun begitu, terdapat kajian yang menunjukkan lelaki mengatasi perempuan dalam kemahiran literasi inventif (Maria & Kamisah, 2010; Rukiah & Kamisah, 2014). Ini disebabkan oleh kesanggupan pelajar lelaki yang lebih berani dan mengambil risiko dalam menangani sesuatu cabaran yang baru.

Namun begitu, terdapat juga kajian yang menunjukkan bahawa pelajar perempuan mempunyai kemahiran literasi inventif yang tinggi (Nurazidawati, 2011). Kemahiran literasi inventif ini perlu dipupuk kerana ia dapat menjana kreativiti dalam pelajar.

Bagi melandasi arus perdana abad ke-21, guru sains secara amnya dan guru biologi secara khususnya mempunyai tanggungjawab untuk menyediakan pelajar-pelajar untuk menghadapi cabaran pada abad ke-21. Bagaimanapun, kajian tentang pembelajaran dan pengajaran bioteknologi di Malaysia adalah terhad (Yasin, Amin, & Hin, 2018). Oleh sebab itu, pengkaji-pengkaji kurang memahami kesulitan yang dihadapi oleh guru dan pelajar dalam pengajaran dan pembelajaran bioteknologi dalam subjek-subjek sains dan biologi (Rashidah, Norlidah & Dorothy, 2014). Justeru, kajian ini dilaksanakan untuk mengetahui persepsi pelajar kolej tingkatan 6 mengenai penggunaan modul M-Biotek-STEM dalam pemupukan kemahiran abad ke-21, yakni kemahiran literasi era digital dan kemahiran literasi inventif.

4. Objektif Kajian

Objektif kajian ini adalah untuk mengkaji persepsi pelajar Tingkatan 6 tentang penggunaan modul bioteknologi, M-Biotek-STEM dalam pemupukan kemahiran literasi era digital dan kemahiran literasi inventif.

5. Persoalan Kajian

Sejauh manakah modul Malaysian-Biotek-STEM dapat memupuk kemahiran literasi era digital dan kemahiran literasi inventif pelajar dalam topik bioteknologi Tingkatan 6?

6. Hipotesis Kajian

Hipotesis-hipotesis kajian untuk persoalan kajian ini adalah seperti yang berikut:

- H₀1 Adakah terdapat perbezaan jantina dalam pembelajaran topik bioteknologi yang signifikan terhadap pemupukan kemahiran literasi era digital di antara kumpulan pelajar yang mengikuti pendekatan modul M-Biotek-STEM dengan Kumpulan pelajar kelas tradisional?
- H₀2 Adakah terdapat perbezaan jantina dalam pembelajaran topik bioteknologi yang signifikan terhadap pemupukan kemahiran literasi inventif di antara kumpulan pelajar yang mengikuti pendekatan modul M-Biotek-STEM dengan kumpulan pelajar kelas tradisional?
- H₀3 Adakah terdapat perbezaan gred sains PMR dalam pembelajaran topik bioteknologi yang signifikan terhadap pemupukan kemahiran literasi era digital di antara kumpulan pelajar yang mengikuti pendekatan modul M-Biotek-STEM dengan kumpulan pelajar kelas tradisional?
- H₀4 Adakah terdapat perbezaan gred sains PMR dalam pembelajaran topik bioteknologi yang signifikan terhadap pemupukan kemahiran literasi inventif di antara kumpulan pelajar yang mengikuti pendekatan modul M-Biotek-STEM dengan kumpulan pelajar kelas tradisional?

7. Metodologi

Satu tinjauan telah dijalankan untuk menguji persepsi pelajar tentang penggunaan modul bioteknologi, M-Biotek-STEM dalam pemupukan kemahiran literasi era digital dan kemahiran literasi inventif. Borang soal selidik kemahiran abad ke-21, T6-KA21 telah digunakan untuk menjalankan tinjauan. Borang soal selidik ini diubah suai daripada item-item M-21CSI yang dicadangkan oleh Kamisah, Tuan Mastura & Nurazidawati (2010). Borang soal selidik ini turut merangkumi pengenalan umum, demografi, maklumat peribadi dan item soalan. Item-item dalam soal selidik dinilai dengan skala Likert 5-poin; skala 1: sangat tidak setuju, ; skala 2: tidak setuju, ; skala 3: kurang setuju, ; skala 4: setuju, ; skala 5: sangat setuju.

8. Sampel Kajian

Sampel kajian rintis ini ialah 12 pelajar kolej tingkatan 6 yang berusia di antara 17 dan 18 tahun yang mengambil subjek biologi STPM. Lokasi kajian ini adalah di bawah penyeliaan Pejabat Pendidikan Daerah Kinta Utara, Perak. Kolej tingkatan 6 ini berstatus mod 1 dan menawarkan aliran sains dan sains sosial serta program pendidikan khas integrasi (PPKI). Populasi pelajar ini adalah seramai 388 dan dididik oleh 41 guru (Enrolmen pelajar, 2016). Sukatan pelajaran tingkatan 6 telah diubah suai menjadi pembelajaran secara modular dan perlu menamatkan pengajaran dalam tiga semester sebelum menduduki peperiksaan Sijil Tinggi Persekolahan Malaysia.

9. Analisis Dapatan Kajian

Dapatan kajian daripada ujian keberkesanan modul terhadap kemahiran abad ke-21(kemahiran literasi era digital dan kemahiran literasi inventif) diuji secara inferensi dengan ujian ANOVA satu hala.

10. Hasil Dapatan Kajian dan Perbincangan

Maklumat mengenai demografi pelajar dan kemudahan penggunaan internet dan telefon bimbit pintar dalam rumah telah ditunjukkan dalam Jadual 3 dan Jadual 4.

Jadual 3: Demografi pelajar

Jantina		Kaum			Umur(tahun)		Gred sains (PMR)	
L	P	M	C	I	17	18	A	B
4	8	2	9	1	3	9	8	4

Nota: L-Lelaki; Perempuan; M-Melayu; C-Cina; I-India; PMR-Penilaian Menengah Rendah

Jadual 4: Kemudahan internet dan penggunaan telefon bimbit pintar

Kemudahan internet		Penggunaan telefon bimbit pintar	
Y1	T1	Y2	T2
10	2	12	0

Nota: Y1-mempunyai kemudahan internet; T1-Tidak mempunyai kemudahan internet; Y2- mempunyai telefon bimbit pintar persendirian; T2-Tidak mempunyai telefon bimbit pintar persendirian

Jadual 5: Maklum balas pelajar terhadap pemupukan kemahiran literasi era digital dengan modul M-Biotek-STEM

No.	Item	Min skor purata
1.	Saya dapat memahami artikel bioteknologi yang ditulis dalam Bahasa Inggeris dengan baik.	4.08
2.	Saya dapat memahami konsep bioteknologi yang diajar dalam Bahasa Inggeris dengan baik.	4.00
3.	Saya memahami bahawa masalah sejagat seperti masalah kekurangan makanan, masalah tenaga, masalah kesihatan dan masalah alam sekitar mempunyai perkaitan rapat dengan bioteknologi.	3.75
4.	Saya memahami bahawa harga makanan adalah dipengaruhi oleh permintaan, penawaran dan persaingan.	4.33
5.	Saya mengetahui integrasi ilmu bioteknologi dengan bidang ilmu lain adalah penting untuk menyelesaikan masalah sejagat yang kompleks.	3.75
6.	Saya memahami bahawa masalah alam sekitar yang berlaku di sesebuah negara tertentu akan memberi implikasi kepada negara-negara lain.	4.33
7.	Saya sedar tentang pengaruh kepercayaan dan pegangan nilai hidup terhadap tingkah laku dan pemikiran seseorang.	4.25
8.	Saya memahami bahawa krisis kekurangan makanan adalah berkait rapat dengan masalah-masalah alam sekitar.	4.33
9.	Saya memahami tentang pengaruh bioteknologi terhadap budaya sesebuah negara.	3.33
10.	Saya menulis artikel untuk diterbitkan bagi menyedarkan orang ramai tentang masalah-masalah sosial yang berkait dengan bioteknologi.	2.25
11.	Saya dapat menilai kesahan kandungan sesuatu artikel bioteknologi dengan tepat.	2.83
12.	Saya dapat menginterpretasi sesuatu visual (gambar atau video) yang berkaitan dengan bidang bioteknologi dengan baik.	3.00
13.	Saya dapat memahami imej-imej bioteknologi dalam bentuk abstrak atau simbolik.	3.08
14.	Saya memahami potensi bidang bioteknologi pertanian dalam meningkatkan pendapatan negara.	4.08
15.	Saya sedar bahawa globalisasi telah mempercepatkan proses komunikasi sedunia.	4.67
16.	Saya memahami kepentingan keseimbangan dinamik alam sekitar dalam memelihara sumber	4.12

	makanan yang mencukupi.	
17.	Saya dapat mengaitkan gaya pemakanan dengan tahap kesihatan seseorang.	4.33
18.	Saya dapat menganalisis data-data bioteknologi dengan menggunakan kemahiran matematik.	2.58

Jadual 6: Maklum balas pelajar terhadap pemupukan kemahiran literasi inventif dengan modul M-Biotek-STEM

No.	Item	Min skor purata
1.	Saya suka menyelesaikan masalah semasa yang kompleks dengan menggunakan kaedah bioteknologi.	2.75
2.	Saya berpakaran dalam konsep bioteknologi yang dipelajari.	2.58
3.	Saya mewujudkan kriteria untuk mengukur batasan dan kekuatan kaedah penyelesaian yang digunakan.	2.67
4.	Saya dapat memperkembangkan idea-idea bioteknologi dengan baik.	3.00
5.	Saya menilai sesuatu strategi penyelesaian masalah dari aspek kekuatan, batasan dan nilai informasi yang diperolehi.	3.42
6.	Saya mencari persamaan dan perbezaan elemen-elemen bagi sesuatu masalah bioteknologi.	3.25
7.	Saya menyusun elemen-elemen bagi sesuatu masalah bioteknologi mengikut keutamaannya.	3.25
8.	Saya telah mencuba untuk menambah ilmu bioteknologi selain yang terdapat dalam sukatan pelajaran sains tambahan.	3.25
9.	Saya dapat menghasilkan idea-idea baru berdasarkan pengetahuan bioteknologi.	2.92
10.	Saya selalu belajar lebih banyak daripada yang disuruh oleh guru sains tambahan.	3.25
11.	Saya sanggup menerima tugas bioteknologi yang mencabar walaupun saya berkemungkinan besar gagal melaksanakannya.	3.50
12.	Saya menganalisis elemen-elemen penting dalam masalah bioteknologi dengan berbantuan komputer.	3.08
13.	Saya akan terus menilai secara kritikal dan membuat penambahbaikan terhadap idea-idea saya walaupun saya sudah berjaya menyiapkan tugas bioteknologi yang mencabar.	3.33
14.	Saya sanggup menanggung risiko dalam usaha mereka cipta sesuatu produk bioteknologi yang baru.	3.08
15.	Saya dapat menguruskan pelbagai sub-maklumat untuk mencapai matlamat utama sepanjang proses penyelesaian masalah bioteknologi yang kompleks.	2.75
16.	Saya mencadangkan pelbagai strategi untuk menyelesaikan masalah bioteknologi yang kompleks.	2.92
17.	Saya mencari hubungkait antara elemen-elemen bagi sesuatu masalah bioteknologi dengan menggunakan komputer.	2.75
18.	Saya yakin dapat menghadapi kekangan-kekangan yang mungkin timbul semasa proses penyelesaian masalah bioteknologi yang kompleks.	3.42
19.	Saya dapat bertindak balas secara spontan untuk menjelaskan idea-idea bioteknologi yang masih kabur.	2.67
20.	Saya merancang strategi pembelajaran untuk mencapai objektif pembelajaran bioteknologi yang ditetapkan.	3.17

10.1 Analisis Ujian Kehomogenan dan Ujian Kenormalan

Sebelum memulakan rawatan, kumpulan sasaran mesti diuji dari segi kehomogenan dan kenormalan mengikut jantina.

10.2 Kehomogenan kemahiran literasi era digital dan kemahiran literasi inventif mengikut jantina & gred sains PMR

Jadual 7: Ujian kenormalan KA21 mengikut jantina & gred sains PMR

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	statistik	dk	P	statistik	dk	P
Digital	0.230	12	0.080	0.900	12	0.160
Inventif	0.200	12	0.200	0.877	12	0.080

Nota: dk=darjah kebebasan, P=kesignifikanan ($p < 0.05$)

Ujian ANOVA satu hala sampel-sampel bebas pada aras signifikan 0.05 digunakan untuk menguji kehomogenan responden kedua-dua kawalan dan rawatan dari segi kemahiran literasi era digital dan kemahiran literasi inventif sebelum rawatan dijalankan. Jadual 7 menunjukkan dapatan ujian kesan antara subjek bagi min skor ujian pra kemahiran literasi era digital dan kemahiran literasi inventif. Keputusan analisis menunjukkan bahawa tidak terdapat perbezaan yang signifikan ujian pra kemahiran literasi era digital dan kemahiran literasi inventif mengikut jantina dan gred sains PMR. Oleh itu, kumpulan sampel kajian adalah homogen sebelum rawatan dijalankan.

Jadual 8: Ujian kesan antara subjek bagi min ujian pra kemahiran literasi era digital

Sumber	Jumlah kuasa dua	dk	μ^2	F	P
Gred sains PMR	0.167	1	0.167	0.606	0.454
Jantina	0.667	1	0.667	2.963	0.116

Nota: dk=darjah kebebasan, μ^2 =min kuasa dua, F= nilai F, P=kesignifikanan ($p < 0.05$)

Jadual 9: Ujian kesan antara subjek bagi min ujian pra kemahiran literasi inventif

Sumber	Jumlah kuasa dua	dk	μ^2	F	P
Gred sains PMR	0.355	1	0.355	0.270	0.634
Jantina	0.167	1	0.167	0.135	0.702

dk=darjah kebebasan, μ^2 =min kuasa dua, F= nilai F, P=kesignifikanan ($p < 0.05$)

10.3 Kenormalan kemahiran literasi era digital dan kemahiran literasi inventif mengikut gred sains PMR dan jantina

Jadual 8 dan Jadual 9 menunjukkan bahawa ujian Kolmogorov-Smirnov dan Shapiro-Wilk. Data bertaburan normal jika kedua-dua ujian tidak signifikan ($p > 0.05$). Oleh itu, data dalam kajian adalah bertaburan normal.

10.4 Dapatan kajian bagi tahap kemahiran literasi era digital dan kemahiran literasi inventif

Domain kemahiran literasi era digital dan kemahiran literasi inventif menyumbang ke atas perbezaan min skor ujian dilihat dalam keputusan ujian kesan dalam subjek bagi univariat dalam Jadual 10.

Jadual 10: Ujian kesan dalam subjek (ujian univariat)

Kesan	DV	Jumlah kuasa dua	dk	μ^2	F	P	Partial Eta Square
Gred sains PMR	Digital	0.332	1	0.332	0.850	0.658	0.000
Jantina	Digital	13.652	1	13.652	156.762	0.639	0.009
Gred sains PMR	Inventif	0.457	1	0.457	23.456	0.109	0.018
Jantina	Inventif	14.3691	1	14.369	145.790	0.340	0.087

DV=pembolehubah bersandar, dk=darjah kebebasan, μ =min, F=nilai F, P =Aras kesignifikanan ($p < 0.05$)

Keputusan ujian univariat dalam Jadual 10 menunjukkan bahawa kesan utama jantung terhadap kemahiran literasi era digital adalah tidak signifikan [$F(1, 0.639) = 156.762, p > 0.05$]. Seterusnya, kesan utama gred sains PMR terhadap kemahiran literasi era digital adalah tidak signifikan [$F(1, 0.658) = 0.850, p > 0.05$]. Selain itu, kesan utama jantung [$F(1, 0.340) = 145.70, p > 0.05$] dan gred sains PMR [$F(1, 0.109) = 23.456, p > 0.05$] terhadap kemahiran literasi inventif juga adalah tidak signifikan.

10.5 Rumusan dapatan kajian bagi pemupukan kemahiran literasi era digital dan kemahiran literasi inventif

H0 1, H0 2, H0 3 dan H0 4 adalah gagal ditolak, iaitu tidak terdapat kesan utama jantung dan gred sains PMR yang signifikan terhadap domain kemahiran literasi era digital dan kemahiran literasi inventif pelajar dalam topik bioteknologi. Justeru, faktor jantung dan gred sains PMR pelajar tingkatan 6 tidak mempengaruhi persepsi mereka terhadap kemahiran abad ke-21 yang dinilai.

Dapatan mengenai persepsi pelajar tingkatan 6 terhadap 5 item (item 10-13 dan item 18) dalam domain literasi domain kemahiran literasi era digital adalah tidak memuaskan, iaitu min skor purata di antara 2.25 dan 3.08. Di samping itu, dapatan mengenai persepsi pelajar tingkatan 6 terhadap 11 item (item 1-4, item 9, item 12, item 14-17 dan item 19) dalam domain literasi domain kemahiran literasi inventif juga adalah tidak memuaskan, iaitu min skor purata di antara 2.67 dan 3.17. Apabila pengaji merujuk kepada soalan-soalan tahun lepas peringkat tingkatan 1 sehingga tingkatan 5, pengaji mendapati hanya terdapat satu soalan objektif mengenai topik penapaian dalam sains tambahan SPM dari tahun 2010-2015 (Bahagian Perkembangan Kurikulum, 2013). Pengaji mendapati bahawa topik bioteknologi dalam sekolah menengah merupakan topik pendedahan dan tidak dititik beratkan oleh pihak Kementerian Pendidikan Malaysia. Topik bioteknologi hanya diberi perhatian serius di peringkat tingkatan 6 walaupun kerajaan telah melancarkan Dasar Bioteknologi Negara sejak tahun 2000. Disebabkan oleh kekurangan pemahaman yang mendalam tentang aspek-aspek bioteknologi, maka pelajar sekolah menengah tidak mahir menulis artikel tentang bioteknologi, mengenal pasti kesahan artikel bioteknologi, memahami bentuk imej abstrak molekul gen dan menganalisis data bioteknologi dengan tepat. Selain itu, hasil kajian tentang bioteknologi tidak tersebar secara meluas kepada pihak masyarakat umum. Maklumat tersebut hanya tersebar dalam dunia institusi penyelidikan seperti National Biotechnology Directorate, university awam dan swasta. Pihak-pihak ini sewajarnya memberi pendedahan yang sepatutnya kepada pelajar-pelajar sekolah mengenai perkembangan terkini bioteknologi di Malaysia. Selain daripada itu, sistem peperiksaan Malaysia sememangnya mementingkan keputusan peperiksaan semata-mata. Pelajar menghafal dan menjawab semula dengan jawapan yang tidak perlu difahami dengan mendalam. Keadaan ini telah membunuh kreativiti pelajar kita sejak di bangku sekolah. Hasilnya, mereka tidak berani menghadapi cabaran dan mereka cipta sesuatu yang baru tanpa keyakinan dan berasa takut gagal.

Model sains-teknologi-sosial (STS) yang dijalankan dalam kajian-kajian lepas berjaya meningkatkan kemahiran literasi era digital yang merangkumi literasi saintifik, literasi asal, literasi teknologi dan literasi kepelbagaian budaya di kalangan pelajar sekolah menengah (Hohenshell, Hand & Staker, 2004; Lannes, Flavoni & Demeis, 1998; Rosen, 2009; Taraban, Box, Myers, Pollard & Bowen, 2007). Malah kajian Dori, Tal & Tsoushu (2003) turut melaporkan bahawa pelajar Gred 10-12 bukan major sains juga menunjukkan peningkatan dalam pemupukan literasi saintifik dan teknologi jika modul STS yang bersesuaian digunakan. Selain itu, kemahiran inventif pelajar juga dapat ditingkatkan sekiranya tugasan yang diberikan

melibatkan penyiasatan saintifik secara inkuiri dan menggunakan teknologi, maklumat dan komunikasi (TMK) (Jackson, Dukerich & Hestenes, 2008).

Aktiviti dalam modul meningkatkan minat pelajar dalam menyelesaikan masalah yang diberikan secara interdisiplin. Tugas penyelesaian masalah dapat memupuk kemahiran literasi inventif dalam kalangan pelajar. Literasi era digital dalam modul MBS hanyalah pengantara, bukanlah memfokus kepada pengetahuan dan kemahiran terhadap digital teknologi secara terfokus. Penggunaan TMK membantu dalam pengajaran dan pembelajaran (PdP) pelajar dan penyelesaian masalah. Ia juga meningkatkan minat pelajar dalam topik yang abstrak dengan bantuan TMK walaupun kesan modul MBS terhadap pemupukan kemahiran literasi era digital adalah tidak signifikan dalam kajian ini.

Namun, dapatan kajian Lay dan Kamisah (2017) pula menyatakan bahawa penggunaan modul MyKimDG adalah tidak signifikan dalam pemupukan kemahiran abad ke-21 seperti literasi era digital, kemahiran literasi inventif dan nilai kerohanian. Sebaliknya, penggunaan modul pembelajaran EkSTEMiT dapat meningkatkan pencapaian topik elektrokimia dan dapat memupuk kemahiran literasi inventif dengan berkesan (Norhaslinda & Kamisah, 2017). Lee (2015) juga mendapati bahawa penggunaan modul berkesan dalam pemupukan kemahiran literasi inventif dalam topik nutrisi dalam biologi tingkatan 4.

Gred sains peperiksaan Penilaian Menengah Rendah (PMR) dipilih agar ketidakakuran tidak berlaku. Seandainya pengkaji memilih subjek sains tulen seperti fizik, kimia dan biologi ataupun sains tambahan semasa tingkatan 5, ketidakakuran akan berlaku kerana bukan semua pelajar memilih ketiga-tiga subjek semasa tingkatan 5. Justeru, gred sains PMR adalah option yang paling sesuai untuk digunakan sebagai asas pengetahuan sains pelajar ini.

11. Kesimpulan

Dapatan kajian menunjukkan bahawa pelajar tingkatan 6 mempunyai persepsi yang berlainan berbanding dengan pelajar sekolah menengah harian. Dapatan kajian menunjukkan bahawa faktor jantina dan gred sains PMR tidak mempengaruhi persepsi pelajar tingkatan 6 terhadap pemupukan kedua-dua kemahiran abad ke-21 yang dinyatakan. Pendedahan kemahiran literasi era digital dan kemahiran literasi inventif secara spesifik memerlukan masa pendedahan yang lebih panjang untuk mendapatkan keputusan yang lebih memuaskan.

Oleh itu, kajian lanjutan boleh dilakukan dengan memanjangkan jangka masa kajian dengan lebih banyak responden dan menguji kesan faktor jantina secara terperinci. Bilangan pelajar adalah mengikut kemasukan tahun semasa. Pengkaji mencadangkan agar kajian diperluaskan kepada negeri-negeri yang mempunyai kelas tingkatan 6 berpusat di kolej tingkatan 6. Dengan memanjangkan jangka masa kajian, lebih banyak pelajar lelaki dan perempuan dapat melibatkan diri sebagai responden. Bilangan responden yang mencukupi akan menjamin keputusan analisis deskriptif dan inferensi yang lebih mantap.

Rujukan

- Amer, A. (2006). Reflections on Bloom's Revised Taxonomy. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 8(4), 213-230.
- Awofala, A., & Blessing, A. (2014). Assessing Adult Learner's Numeracy as Related to Gender and Performance in Arithmetic. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 3(2), 83-92.

- Bahagian Pembangunan Kurikulum (BPK). (2010a). Spesifikasi Kurikulum Sains Tingkatan 4, Kurikulum Bersepadu Sekolah Menengah. Putrajaya: Kementerian Pelajaran Malaysia.
- Bahagian Pembangunan Kurikulum (BPK). (2010b). Spesifikasi Kurikulum Sains Tingkatan 5, Kurikulum Bersepadu Sekolah Menengah. Putrajaya: Kementerian Pelajaran Malaysia.
- Bahagian Pembangunan Kurikulum (BPK). (2011a). Spesifikasi Kurikulum Sains Tingkatan 1, Kurikulum Bersepadu Sekolah Menengah. Putrajaya: Kementerian Pelajaran Malaysia.
- Bahagian Pembangunan Kurikulum (BPK). (2011b). Spesifikasi Kurikulum Sains Tingkatan 2, Kurikulum Bersepadu Sekolah Menengah. Putrajaya: Kementerian Pelajaran Malaysia.
- Bahagian Pembangunan Kurikulum (BPK). (2011c). Spesifikasi Kurikulum Sains Tingkatan 3, Kurikulum Bersepadu Sekolah Menengah. Putrajaya: Kementerian Pelajaran Malaysia.
- Bahagian Pembangunan Kurikulum (BPK). (2012a). Spesifikasi Kurikulum Biologi Tingkatan 4, Kurikulum Bersepadu Sekolah Menengah. Putrajaya: Kementerian Pelajaran Malaysia.
- Bahagian Pembangunan Kurikulum (BPK). (2013a). Spesifikasi Kurikulum Sains Tambahan Tingkatan 5 Kurikulum Bersepadu Sekolah Menengah. Putrajaya: Kementerian Pelajaran Malaysia.
- Bahagian Pembangunan Kurikulum (BPK). (2013b). Spesifikasi Kurikulum Biologi Tingkatan 5, Kurikulum Bersepadu Sekolah Menengah. Putrajaya: Kementerian Pelajaran Malaysia.
- Bahagian Pembangunan Kurikulum (BPK). (2014). Kemahiran Berfikir Aras Tinggi: Aplikasi Di Sekolah. Putrajaya: Kementerian Pelajaran Malaysia.
- Dede, C. (2007). Transforming Education for the 21st Century: New Pedagogies that Help All Students Attain Sophisticated Learning Outcomes. NCSU Friday Institute. <http://www.fi.ncsu.edu/index.html>
- Dori, Y.J., Tal, R.T., & Tsoushu, M. (2003). Teaching Biotechnology Through Case Studies- Can We Improve Higher Order Thinking Skills of Non Science Majors? *Science Education* 87, 767-793.
- Enrolmen pelajar. (2016, Jun 6). Enrolmen pelajar kteseriputera [Data file]. <https://kteseriputera.site123.me>
- Hohenshell, L., Hand, B., & Staker, J. (2004). Promoting Conceptual Understanding of Biotechnology: Writing to a Younger Audience. *The American Biology Teacher* 66(5), 333-338.
- Jackson, J., Dukerich, L., & Hestenes, D. (2008). Modeling Instruction: An Effective Model for Science Education. *Science Educator* 17(1), 10-17.
- Kamisah, O., & Neelavany, M. (2010). Setting New Learning Targets for the 21st Century Science Education in Malaysia. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 2 (2010), 3737-3741.
- Kamisah, O., Tuan Mastura, T.S., & Nurazidawati, M.A. (2010). Development and Validation of Malaysian 21st Century Skills Instrument (M-21CSI) for Science Students. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 9, 599-601.
- Kementerian Pendidikan Malaysia (KPM). (2014). Pelan Tindakan Inisiatif Pengukuhan Sains, Teknologi, Kejuruteraan dan Matematik (STEM): Gelombang 1 Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia 2013-2025. Putrajaya: Bahagian Perancangan dan Penyelidikan Dasar Pendidikan.

- Krathwohl, D.R. (2002). A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. *Theory Into Practice* 41(4), 212-218.
- Lannes, D., Flavoni, L., & Demeis, L. (1998). The Concept of Science Among Children of Different Ages and Cultures. *Biochemical Education* 26, 199-204.
- Lay, A.N., & Kamisah, O. (2017). Developing 21st Century Skills through a Constructivist-Constructionist Learning Environment. *K-12 STEM Education* 3(2), 205-216.
- 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, Bangi.
- Lemke, C., Coughlin, E., Thadani, V., & Mantin, C. (2003). *enGauge 21st Century Skills: Literacy in the Digital Age*. North Central Regional Education Laboratory & Metiri Group.
- Majlis Peperiksaan Malaysia (MPM). (2011a). *Biology Syllabus and Specimen Papers STPM Term 1*. Kuala Lumpur: Kementerian Pelajaran Malaysia.
- Majlis Peperiksaan Malaysia (MPM). (2011b). *Biology Syllabus and Specimen Papers STPM Term 3*. Kuala Lumpur: Kementerian Pelajaran Malaysia.
- Maria, A., & Kamisah, O. (2010). Scientific Inventive Skills Among Primary Students in Brunei. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 7 (2010), 294-301.
- Masyuniza, Y. (2015). Hubungan Sikap dan Persepsi Murid Terhadap Pembelajaran Bahasa Melayu dengan Kemahiran Abad ke-21. *Jurnal Pendidikan Bahasa Melayu* 5(2), 22-30.
- Masyuniza, Y., Zamri, M., Syahida Nadia, Z., Noor Syazwani, R., & Hjh Vivi, N.M. (2012). *Penyepaduan Kemahiran Abad ke-21 dalam Pengajaran dan Pembelajaran Bahasa Melayu*.
https://www.academia.edu/14996659/PENYEPADUAN_KEMAHIRAN_ABAD_KE-21_DALAM_PENGAJARAN_DAN_PEMBELAJARAN_BAHASA_MELAYU
- Moon, C.S., Ohk, K., & Choi, C. (2014). Gender Difference in Financial Literacy Among Chinese University Students and The Influential Factors. *Asian Women* 30(2), 3-25.
- Moreland, J., Jones, A., & Cowie, B.(2006). Developing Pedagogical Content Knowledge for the New Sciences: The Example of Biotechnology. *Teaching Education* 17(2), 143-155.
- Mwosu, A.A., & Ibe, E. (2014). Gender and Scientific Literacy Levels: Implications for Sustainable Science and Technology Education (STE) for 21st Century Jobs. *Journal of Education and Practice* 5(8), 113-118.
- Noor Asmaliza, R. (2010). Creativity as a Crucial Part of Innovation. *Estidotmy*, 10-11.
- Norhaslinda, A.S., & Kamisah, O. (2017). EkSTEMiT Learning Module and Inculcation of Inventive Thinking. *K-12 STEM Education* 3(4), 259-266.
- North Central Regional Education Laboratory (NCREL), & Metiri Group. (2003). *Engauge 21st Century Skills: Literacy in the Digital Age*.
<http://www.ncrel.org/engauge/skills/engauge21st.pdf>
- Nur Mustafa, M. (2014). The Effects of Gender Differences in ICT Application: Bridging the Gap of Knowledge and Skills Among Teachers. *Australia Journal of Basic & Applied Science* 8(10), 81-86.
- Nur Suhaidah, S., Kamisah, O., & Maria, A. (2010). Students' Achievement of Malaysian 21st Century in Chemistry. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 9 (2010), 1256-1260.
- Nurazidawati, B.M.A. (2011). *Penyepaduan Kemahiran-kemahiran Abad Ke-21 dalam Pengajaran dan Pembelajaran Biologi* (Unpublished master thesis). Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi.

- Nurnadiyah, M. B., Evi, S., & Kamisah, O. (2014). Students' Biotechnology Literacy: The Pillars of STEM Education in Malaysia. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education* 10(3), 195-207.
- Nurul Nashrah, S., Noor Hasimah, H., & Nur Aida, A.H. (2015). Matematik Dan Kemahiran Abad Ke-21: Perspektif Pelajar. *Jurnal Pendidikan Matematik* 3(1), 24-36.
- Rashidah, B. G., Norlidah, A., & Dorothy, D. (2014). Penerapan Pendidikan Bioteknologi Dalam Kalangan Guru Biologi Sekolah Menengah: Kajian Kebolehlaksanaan. *Jurnal Kurikulum & Pengajaran Asia Pasifik* 2(1), 54-60.
- Rosen, Y. (2009). The Effects of An Animation-Based Online Learning Environment on Transfer of Knowledge and an Motivation for Science and Technology Learning. *Journal of Computing Research* 40(4), 451-467.
- Rukiah, M.I., & Kamisah, O. (2014). Persepsi Pelajar Terhadap Sains Serta Hubungannya dengan Kemahiran Abad Ke-21. Kertas kerja International Seminar on Global Education II .24-25 Februari. Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi.
- Sanariah, S., Tuan Mastura, T.S., & Kamisah, O. (2012). Comparison of Level of Inventive Thinking into Among Science and Arts Students. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 59 (2012), 475-483.
- Taraban, R., Box, C., Myers, R., Pollard, R., & Bowen, C.W. (2007). Effects of Active Learning Experiences on Achievement, Attitudes and Behaviours in High School Biology. *Journal of Research in Science Teaching* 44(7), 960-979.
- Taylor, J.L., Smith, K.M., Stolk, A.P.V., & Spiegelman, G.B. (2010). Using Invention to Change How Students Tackle Problems. *CBE-Life Sciences Education* 9, 504-512.
- Tuan Mastura, T.S. (2011). Persepsi Pelajar Tingkatan Empat Terhadap Mata Pelajaran Fizik Serta Hubungannya dengan Kemahiran Abad Ke-21 (Unpublished master thesis). Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi.
- Tuan Mastura, T.S., Nurazidawati, M.A., & Kamisah, O. (2011). Peranan Lokasi Sekolah dan Jantina Murid Dalam Mempengaruhi Kemahiran Abad Ke-21 Pelajar. https://www.academia.edu/633057/Peranan_Lokasi_Sekolah_dan_Jantina_Murid_Dalam_Mempengaruhi_Kemahiran_Abad_ke-21_Pelajar
- Wetherington, J. (2014). Introduction to Biotechnology: A Georgia Teachers Resource Manual. Bioscience Curriculum for CTAE and Science Credit.
- Willson, K.B. (2014). Computer Usage Among University Teacher-trainees. *US-China Education Review* 4(6), 387-394.
- Yasin, R.M., Amin, L., & Hin, K.K. (2018). Teaching & Learning of 21st Century Biotechnology in Secondary School Additional Science. *Teaching Science* 64(3), 43-52.
- Zahaya, H. (2008). The Relationship between aspects of Soio-economic Factors and Academic Achievement. *Jurnal Pendidikan* 33, 95-105. <http://pkukm.web.ukm.my>