

RESEARCH PAPER

Keberkesanan Amali Kimia Hijau Ke Atas Pencapaian Pelajar Dalam Elektrokimia

The Effectiveness of Green Chemistry Experiments on Students' Achievement in Electrochemistry

Nur Liyana Zahari¹, Hafsah Taha^{2,*}

¹Technical Secondary School Sejingkat, 93050 Kuching, Sarawak, Malaysia

²Department of Chemistry, Faculty of Science and Mathematics, Universiti Pendidikan Sultan Idris, 35900 Tanjong Malim, Perak, Malaysia

*Corresponding author: hafsah@fsm.tps.edu.my

Received: 5 January 2021; **Accepted:** 15 May 2021; **Published:** 27 May 2021

To cite this article (APA): Zahari, N. L., & Taha, H. (2021). The Effectiveness of Green Chemistry Experiments on Students' Achievement in Electrochemistry. *Journal of Science and Mathematics Letters*, 9(2), 22-32. <https://doi.org/10.37134/jsml.vol9.2.3.2021>

To link to this article: <https://doi.org/10.37134/jsml.vol9.2.3.2021>

Abstrak

Kimia hijau dapat memainkan peranan yang penting dalam pelaksanaan kurikulum kimia di negara kita untuk memastikan kejayaan pendidikan mengenai kelestarian atau persekitaran. Amali kimia hijau menggunakan konsep pengurangan bahan kimia dengan menggantikannya dengan bahan semulajadi, bahan kitar semula dan bahan yang lebih lestari. Kajian eksperimen-kuasi ini mengkaji keberkesanan eksperimen kimia hijau ke atas pencapaian pelajar dalam topik elektrokimia. Ujian pra dan pasca diberikan kepada 22 orang pelajar sekolah menengah yang mengambil mata pelajaran Kimia Tingkatan Empat dan mereka dibahagikan secara rawak kepada dua kumpulan iaitu kumpulan rawatan dan kumpulan kawalan. Kumpulan rawatan menjalankan aktiviti amali berpandukan manual amali kimia hijau sementara kumpulan kawalan pula menjalankan amali kimia konvensional berdasarkan buku teks amali yang disediakan oleh kementerian. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan ujian-t. Hasil analisis menunjukkan terdapat perbezaan yang signifikan bagi kumpulan rawatan dalam ujian pencapaian pra dan pasca [$t(10) = -2.823$, $p < 0.05$]. Justeru, kaedah amali kimia hijau berupaya meningkatkan pencapaian pelajar dalam topik elektrokimia. Pelaksanaan amali kimia hijau melibatkan pelajar secara aktif semasa pembelajaran elektrokimia dan membantu guru mempelbagaikan pedagogi di makmal.

Kata kunci: Amali kimia hijau; Pendidikan lestari; Elektrokimia; Pendidikan alam sekitar; Pedagogi di makmal

Abstract

Green chemistry could play an important role in the implementation of our national chemistry curriculum to ensure the success of education on sustainability or environmental education. Green chemistry experiments use the concept of reducing the use of chemicals by replacing chemicals with benign chemicals and recycled materials to approximate sustainable use of materials. This quasi-experiment study aimed to examine the effectiveness of the implementation of green chemistry experiments on students' achievement in electrochemistry. The pre- and post-tests were administered to 22 secondary school students who took Form Four Chemistry subject and they were randomly divided into treatment and control groups. The treatment group carried out electrochemistry experiments based on the green chemistry lab manual developed while the control group carried out conventional chemistry experiments based on the practical textbook provided by the ministry. Data obtained were analysed using t-tests. Results showed significant difference for the treatment group in the pre and post achievement test [$t(10) = -2.823$,

$p < 0.05$]. Therefore, it is indicated green chemistry experiments may have a positive impact on students' achievement in electrochemistry. The green chemistry experiments seemed to engage students in actively learning the topic and facilitate teachers to diversify their laboratory pedagogy.

Keywords: Green chemistry experiments; Education on sustainability; Electrochemistry; Environmental education; Laboratory pedagogy

PENGENALAN

Masalah utama dalam isu alam sekitar di Malaysia adalah berpunca daripada kesedaran alam sekitar penduduk Malaysia yang rendah, dan dinyatakan bahawa sistem pendidikan Malaysia belum sepenuhnya berjaya membudayakan rakyat Malaysia supaya bertanggungjawab terhadap alam sekitar (Zarrintaj Aminrad, Sharifah Zarina, Abdul Samad & Mahyar, 2012). Hasil kajian Jabatan Alam Sekitar (JAS) menunjukkan kira-kira 70 peratus penduduk di negara ini tidak mempunyai pemahaman yang mendalam mengenai isu-isu alam sekitar, dan 30 peratus lagi tidak mengetahui apakah langkah-langkah pencegahan yang diambil walaupun mereka mengetahui mengenai masalah alam sekitar (Jabatan Alam Sekitar, 2012). Ini menunjukkan bahawa rakyat Malaysia tidak peka terhadap masalah persekitaran.

Salah satu aspek elemen merentas kurikulum yang dikekalkan dalam standard kurikulum adalah elemen kelestarian alam sekitar. Unsur-unsur kelestarian alam sekitar memainkan peranan penting dalam memberi kesedaran kepada pelajar tentang perubahan di dunia yang berkaitan dengan alam sekitar, ekonomi, keselamatan, perpaduan, kesihatan pengiktirafan nilai-nilai seperti patriotisme, integriti, empati, bertanggungjawab dan menghormati hak orang lain supaya pelajar dapat menerapkan pengetahuan, kemahiran dan nilai untuk menghadapi dunia global dan menjadi *global player* dengan lebih berkesan (Kementerian Pelajaran Malaysia, 2016). Pembangunan lestari memerlukan usaha masyarakat untuk menjaga kesihatan persekitaran semula jadi supaya dapat memenuhi keperluan hidup secara optimum (Siti Khatijah & Christopher, 2016).

Pendidikan Alam Sekitar (PAS) pertama kali diperkenalkan pada tahun 1982 di 305 buah sekolah rendah dan kemudian dilaksanakan di semua sekolah rendah pada tahun 1983 (Aini, Nor Azura & Fakhru'l-Razi, 2011). Namun, sehingga kini, pendidikan alam sekitar belum berjaya dilaksanakan dalam kurikulum sistem pendidikan negara. Menurut Haliza (2017), langkah penting adalah melaksanakan PAS dalam sistem pendidikan peringkat sekolah dan pengajian tinggi untuk membentuk amalan baik dalam interaksi anggota masyarakat terutamanya generasi muda, dengan alam sekitar. Nurul Hidayah, Haryati dan Seow (2013) menyatakan sekolah dan institusi pendidikan lain adalah saluran utama pendidikan alam sekitar. Oleh itu, pelajar sekolah harus secara langsung mengambil bahagian aktif dalam memastikan kelestarian alam sekitar (Hanifah, Mohamadisa, Yazed, Nasir & Saiyidatina Balkhis, 2017; Zyadin, Puhakka, Ahponen, Cronberg & Pelkonen, 2012).

Bagi menyokong usaha Kementerian Pelajaran Malaysia (KPM) dalam menerapkan elemen kelestarian alam sekitar dalam kalangan pelajar, Program Anugerah Sekolah Lestari dimulakan pada tahun 2005 bertujuan menggalakkan warga sekolah terutamanya generasi muda memahami dan menjalin konsep pembangunan lestari demi menjamin masa depan yang lebih baik (Vignesvaran, 2018). Sekolah Lestari membudayakan PAS dengan menerapkan nilai murni alam sekitar dalam aspek pengurusan, kurikulum, kokurikulum dan penghijauan secara berterusan bagi mewujudkan amalan hidup yang selaras dengan konsep pembangunan lestari (Jabatan Alam Sekitar, 2012).

Selain itu, kaedah yang berkesan untuk meningkatkan kesedaran persekitaran di sekolah adalah dengan mempraktikkan amalan hijau dalam aktiviti kurikulum dan ko-kurikulum supaya pelajar dapat mengaplikasikan amalan hijau secara langsung (Mohd Fazli, Suhaida & Soaib, 2013). Hal ini juga dinyatakan oleh Kartini, Mohammad Yusof, Mohd Shafie dan Nurnabila (2015) di

mana PAS dapat dicapai melalui mata pelajaran kimia di sekolah. Menurut Vignesvaran (2018), kimia merupakan cabang utama sains yang mengkaji sifat, interaksi, kandungan dan analisa kuantitatif serta kualitatif jirim. Ilmu kimia memberi sumbangan dan impak yang besar dalam kehidupan manusia. Oleh itu, disarankan kepada murid untuk menguasai ilmu kimia supaya mereka dapat mengaplikasikan ilmu kimia dalam kehidupan seharian mereka, sekaligus memberi sumbangan kepada kelestarian alam. Guru perlu kreatif dan sentiasa mengubah proses pembelajaran dan pengajaran untuk mengembangkan minat pelajar terhadap kelestarian alam sekitar, dan menggalakkan pelajar memelihara alam sekitar.

Guru boleh mempelbagaikan pedagogi di makmal dengan menerapkan konsep kimia hijau dalam amali yang dijalankan. Kimia Hijau juga dikenali sebagai kimia lestari iaitu satu bentuk kimia yang direka untuk mencegah pencemaran (Mageswary, Roth & Devananthini, 2016). Pendekatan kimia hijau telah mendapat pengiktirafan dan diterapkan dalam pengajaran dan pembelajaran kimia (Mageswary, Zurida & Roth, 2012). Selain topik-topik asas diajar dalam pelajaran, konsep pembangunan alam sekitar dan lestari turut diperkenalkan melalui kimia hijau (Mageswary, Zurida & Norita, 2011). Namun demikian, tahap peningkatan kesedaran kimia hijau di Malaysia didapati masih pada kadar yang perlahan (Mohd Rafi, Razali & Nik Rozhan, 2003).

Guru boleh mengamalkan amali kimia hijau bagi eksperimen yang boleh diubahsuai dari segi penggunaan bahan dan pengurangan bahan kimia untuk menggalakkan penggunaan yang lebih lestari. Menurut Natasya, Nurul Huda dan Hafsa (2019), penggunaan lestari melibatkan penggunaan barang dan perkhidmatan dengan cara yang meminimumkan penggunaan sumber semula jadi dan bahan kimia dan mengurangkan sisa kimia. Melalui aktiviti amali kimia hijau, pelajar didedahkan dengan bahan alternatif yang boleh digunakan menggantikan bahan kimia tradisional yang biasa digunakan (Vignesvaran, 2018). Menurut kajian Vignesvaran (2018), melalui pendedahan menggunakan amali kimia hijau, pelajar mengurangkan hasil sisa tindak balas kimia yang berbahaya dan menjalankan aktiviti amali dalam keadaan lebih selamat. Kajian Fatin Nurfakhrana, Nur Syahirah dan Hafsa (2019) pula menyatakan kimia hijau meningkatkan pemahaman pelajar melalui pengalaman pelajar dengan kehidupan seharian mereka. Oleh itu, kimia adalah cabang pendidikan yang sesuai untuk menekankan isu-isu yang berkaitan dengan pembangunan pendidikan lestari (Sjostrom, Rauch & Eilks, 2015). Namun sedemikian, persoalan yang timbul adalah sejauh manakah amalan kelestarian alam ini diterapkan dan diaplikasikan merentasi kurikulum seperti yang dihasratkan. Menurut Vignesvaran, (2018), kajian terhadap keberkesanan amalan hijau dalam pendidikan masih lagi kurang jika dibandingkan dengan polisi serta strategi yang dirancang sejak 1986 sewaktu pendidikan alam sekitar diperkenalkan.

Pada tahun 1982, PAS merentasi kurikulum pertama kali dibuat di 305 buah sekolah rendah dan diteruskan kesemua sekolah rendah pada tahun 1983. Namun, sehingga kini, pelajar sekolah didapati masih tidak mempamerkan nilai kelestarian alam yang baik dan keberhasilan penerapan PAS masih tidak dapat dibanggakan kerana kurangnya penerapan nilai-nilai murni, kemahiran membuat keputusan dan kemahiran menyelesaikan masalah berkaitan kelestarian alam (Haliza, 2017).

Menurut Paristiowati, Hadinugrahaningsih, Purwanto dan Karyadi (2019), pelaksanaan kimia hijau telah dilakukan dalam banyak bidang, tetapi kurang dalam bidang pendidikan. Penerapan kimia hijau tidak dapat disampaikan dengan baik kerana kaedah pengajaran guru yang kurang sesuai. Guru masih lagi menggunakan papan putih dan banyak memberi syarahan di mana pelajar disogok dengan fakta tanpa memahaminya (Rose Amnah, Abd Rashid, Lilia & Siti Rahyah, 2010). Kebanyakan guru kelihatan berpengetahuan ketika disoal mengenai pendidikan lestari dan pendidikan untuk pembangunan lestari, namun idea guru masih cetek dan tidak dapat mengaitkan pengetahuan tersebut dengan amalan dalam kelas (Hafsa, Vignesvaran, Khoo, Asmayati, Lee & Muhammad Ibrahim, 2019).

Seharusnya guru bijak mempelbagaikan kaedah pengajaran dalam melaksanakan amali untuk mengaitkan pengetahuan kimia hijau di makmal dengan amalan lestari dan seterusnya menggalakkan pelajar mengaplikasi amalan hijau dalam kehidupan seharian mereka. Hal ini juga membantu sekolah yang menghadapi masalah kurang bahan kimia kerana menurut Alexiou, Bouras dan Giannaka (2004), antara sebab guru kurang menjalankan aktiviti amali secara aktif dan hanya menjalankan demonstrasi amali sahaja adalah disebabkan keadaan makmal sekolah yang tidak sempurna. Oleh itu, dengan melaksanakan amali kimia hijau, guru boleh merancang aktiviti amali di sekolah dengan menggunakan bahan daripada sumber semula jadi dan bahan kitar semula yang sesuai ditukargantikan dengan bahan kimia dalam amali yang ingin dijalankan.

Kajian juga menunjukkan pelajar mengakui masih sukar mengubah tingkah laku mereka walaupun mereka memahami sepenuhnya kepentingan amalan lestari alam sekitar (Hafsah et. al., 2019). Oleh itu, pelajar harus melibatkan diri secara aktif dalam sesi pembelajaran yang dijalankan di sekolah terutamanya aktiviti yang melibatkan *hands on* seperti projek dan amali sekolah sebagai pendekatan asas kimia hijau. Menurut Norazilawati, Nik Azmah, Noraini dan Mohd Nazir (2017), pelajar tidak diberi peluang terlibat secara aktif untuk merancang aktiviti amali yang bakal dilakukan. Justeru, amali kimia hijau di sekolah membolehkan pelajar menjalankan aktiviti amali di sekolah dengan menggunakan bahan-bahan kitar semula yang boleh didapati dengan mudah serta lebih mesra alam. Berdasarkan pernyataan masalah yang dijelaskan di atas, kajian ini dijalankan untuk mengkaji keberkesanan amali kimia hijau ke atas pencapaian pelajar sekolah menengah dalam tajuk Elektrokimia.

METODOLOGI

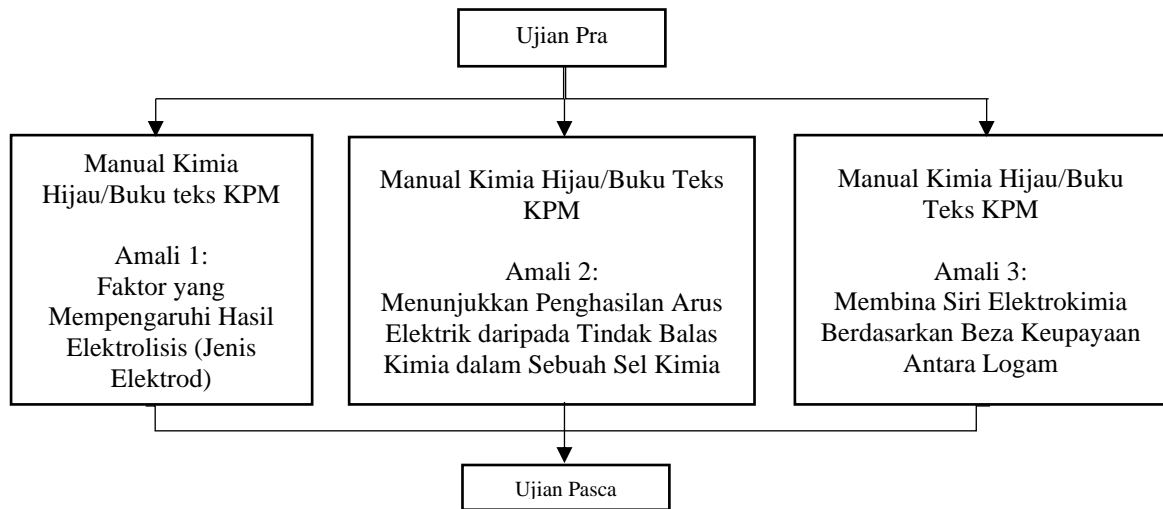
Reka Bentuk Kajian

Dalam kajian ini, reka bentuk kajian yang digunakan adalah reka bentuk eksperimen kuasi. Pelajar dibahagikan kepada dua kumpulan iaitu kumpulan kawalan dan rawatan. Reka bentuk kuasi eksperimen adalah satu bentuk kajian eksperimen di mana individu tidak dipilih secara rawak ke dalam kumpulan (Creswell & Creswell, 2018). Kaedah kuasi eksperimen ini digunakan untuk membandingkan kesan intervensi apabila kaedah eksperimen sebenar tidak dapat dijalankan kerana dikhuatiri mengganggu agihan kelas yang sedia ada dan kebenaran dari pihak sekolah sukar diperolehi (Noraini, 2013). Namun demikian, dalam kajian ini, walaupun persampelan rawak tidak dapat dijalankan, pengagihan sampel kepada kumpulan kawalan dan rawatan telah dijalankan secara pembahagian rawak (*random assignment*).

Pelajar diberi ujian pra sebelum proses pengajaran dan pembelajaran bagi memastikan kumpulan kawalan dan kumpulan rawatan mempunyai tahap pengetahuan dan kebolehan yang setara tentang elektrokimia. Selepas menjalani ujian pra, amali kimia dijalankan yang mana kumpulan kawalan menjalankan eksperimen biasa daripada buku teks amali kimia yang dibekalkan oleh KPM manakala kumpulan rawatan menjalankan eksperimen yang sama tetapi berpandukan manual amali kimia hijau yang menggunakan bahan-bahan alternatif. Selepas intervensi, kedua-dua kumpulan diberikan ujian pasca. Secara ringkas, proses pengajaran dan pembelajaran yang telah dijalankan ke atas kumpulan rawatan (manual amali kimia hijau) dan kawalan (buku teks KPM) adalah seperti Rajah 1.

Sampel Kajian

Sampel kajian ini melibatkan semua pelajar aliran sains tulen tingkatan 4 di sebuah sekolah di Sarawak (n = 22). Sampel kajian diagihkan secara rawak kepada kumpulan kawalan (n = 11) dan rawatan (n = 11).



Rajah 1. Ringkasan pelaksanaan eksperimen elektrokimia

Instrumen Kajian

Instrumen yang digunakan dalam kajian ini ialah ujian pra dan pasca. Ujian pra dan pasca dibina untuk mengukur pencapaian pelajar dalam elektrokimia bagi menilai kesan intervensi yang dijalankan. Masa yang diperuntukkan untuk menjawab ujian ini adalah selama 30 minit. Ujian pencapaian ini terdiri daripada 20 soalan objektif yang dibina melibatkan topik elektrokimia yang merangkumi daripada koleksi soalan-soalan SPM terpilih (Lembaga Peperiksaan Kementerian Pendidikan Malaysia, 2011 - 2017 & Lembaga Peperiksaan Kementerian Pendidikan Malaysia, 2013).

Bagi menganggarkan kesahan ujian pra dan pasca-pencapaian, kesahan kandungan dijalankan bagi menentukan sejauh mana instrumen yang dibina memenuhi kandungan sesuatu bidang yang dikaji (Hamidah, Jamal & Khalip, 2015). Kesahan bagi ujian pencapaian dibuat oleh dua orang pakar dengan menggunakan Indeks Cohen kappa. Berdasarkan hasil dapatan SPSS dalam Jadual 1, didapati nilai Cohen kappa yang diperolehi ialah 0.833. Tahap persetujuan Cohen kappa berdasarkan nilai yang diperolehi mendapati tahap persetujuan antara 2 orang pakar berada pada tahap yang baik.

Jadual 1. Tahap persetujuan kappa ke atas Ujian Pencapaian.

	Nilai	Asymptotic Standard Error ^a	Approximate T ^b	Approximate Significance
Tahap persetujuan kappa	.833	.182	3.187	.001
N	20			

Kebolehpercayaan bagi ujian pra dan pasca-pencapaian pula dilakukan dengan kaedah *inter-rater reliability*, di mana kedua-dua pakar menyemak ujian pencapaian yang dijawab responden. Setelah itu, skor kedua-dua pakar dibandingkan dan nilai pekali kolerasi, r dikira untuk menentukan kekuatan kebolehpercayaan ujian pra dan pasca (Ramlee, Jamal & Marinah, 2016). Berdasarkan Jadual 2, didapati nilai kolerasi Pearson, r adalah .920 yang signifikan ($r = .920, p < .05$) menunjukkan hubungan yang sangat kuat antara skor ujian pencapaian dua orang pakar. Justeru, ujian pencapaian yang dibina mempunyai kebolehpercayaan yang tinggi.

Jadual 2. Skor pekali kolerasi, r bagi ujian pra dan pasca-pencapaian.

Penilai	Korelasi	Penilai 1	Penilai 2
Penilai 1	Kolerasi Pearson	1	.920**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	22	22
Penilai 2	Kolerasi Pearson	.920**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	22	22

** Kolerasi adalah signifikan pada tahap 0.001(2-hujung)

Prosedur Kajian

Kajian analisis keperluan telah dijalankan terlebih dahulu dalam kajian ini untuk menentukan samada kaedah pengajaran kimia hijau mendapat reaksi positif daripada pelajar-pelajar kimia. Menurut Saedah, Muhammad Ridhuan dan Rozaini (2020), analisis keperluan ialah tinjauan awal untuk menentukan sama ada pembinaan dan penciptaan inovasi yang dicadangkan itu sepenuhnya diperlukan oleh kumpulan sasaran. Berdasarkan dapatan analisis keperluan tersebut, semua pelajar memberi maklum balas yang positif terhadap kaedah penyampaian kimia hijau. Oleh itu, kajian ini memilih untuk menerapkan kimia hijau dalam pembelajaran amali di sekolah dan menentukan kesannya ke atas pencapaian pelajar. Kajian Nurulamirah (2014), menyatakan kimia hijau boleh digunakan dalam proses pengajaran dan pembelajaran merentas kurikulum dan diintegrasikan dengan pelbagai pengalaman pembelajaran dan pembelajaran dalam kehidupan seharian. Selain itu, beliau juga menyatakan sistem pendidikan perlu mengambil peranan untuk mendidik dan dijadikan medan untuk percambahan ilmu mengenai kepentingan penjagaan alam sekitar.

Setelah membuat analisis keperluan, kajian diteruskan dengan pengumpulan bahan rujukan untuk membina manual amali kimia hijau dan pembinaan soalan ujian pra dan pasca-pencapaian. Kesahan dan kebolehpercayaan set ujian pencapaian dilaksanakan sebelum digunakan ke atas responden kajian rintis. Pembinaan manual amali kimia hijau adalah mengikut sukatan pelajaran kimia tanpa mengubah objektif dan prosedur eksperimen (DSKP Kimia KSSM). Manual kimia hijau yang diguna dibangunkan menggunakan model ADDIE. Menurut Ummu Nasihah, Muhammad Izuan dan Nazipah (2015), model ADDIE sesuai digunakan untuk menghasilkan satu reka bentuk instruksional yang baik. Bagi pembinaan manual amali kimia hijau, tiga proses yang pertama iaitu analisis, reka bentuk dan pembangunan akan terlibat. Bagi peringkat pelaksanaan dan penilaian terlibat dalam pengujian manual kimia hijau terhadap responden kajian yang sebenar.

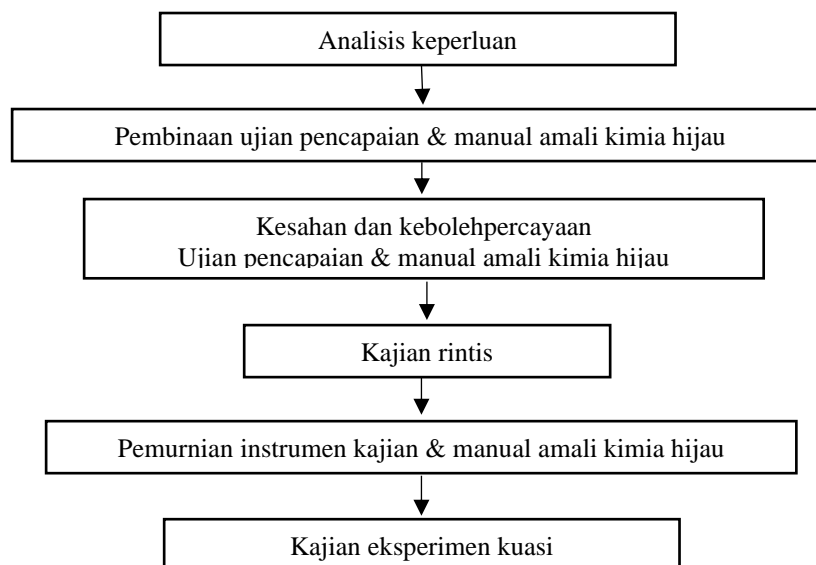
Manual kimia hijau yang dibina adalah mengikut kesesuaian beberapa prinsip kimia hijau untuk membenarkan penerapan kimia hijau dalam amali di sekolah. Antara prinsip kimia hijau yang ditekankan dalam manual kimia hijau ialah prinsip 4; penggunaan bahan kimia yang selamat, prinsip 5; pemilihan bahan pelarut yang selamat, prinsip 7; penggunaan sumber tenaga yang diperbaharui, prinsip 8; mengurangkan sisa terbitan dan prinsip 10; hasil yang mudah terurai. Pemilihan prinsip adalah berdasarkan kesesuaian amali yang dipilih. Berdasarkan prinsip kimia hijau yang diterapkan dalam kajian ini, terdapat perubahan yang dilakukan ke atas jenis dan kuantiti bahan kimia yang digunakan bagi mematuhi prinsip kimia hijau tersebut. Ringkasan eksperimen dan bahan pilihan yang ditukar ditunjukkan dalam Jadual 3.

Jadual 3. Deskripsi amali kimia hijau.

Eksperimen	Bahan
6.3 Faktor yang Mempengaruhi Hasil Elektrolisis (Jenis Elektrod)	Elektrolit: 0.05 mol dm ⁻³ kuprum (II) sulfat, CuSO ₄ Sel kering: Limau / air garam / air laut Elektrod karbon: Isi pensil 2B Elektrod kuprum : Wayar kuprum

6.6 Sel Kimia	Elektrolit : Air serbuk penaik / 5% keasidan cuka Elektrod A: Wayar kuprum Elektrod B: Kepingan zink (didapati daripada bateri buangan - badan bateri).										
6.7 Pembinaan Siri Elektrokimia	Elektrolit: Air serbuk penaik / 5% keasidan cuka Elektrod A: Wayar kuprum Elektrod B:										
	<table border="1"> <tr> <td>Aluminium</td> <td>Kerajang aluminium</td> </tr> <tr> <td>Zink</td> <td>Badan bateri (Bateri lama)</td> </tr> <tr> <td>Besi</td> <td>Besi paku</td> </tr> <tr> <td>Argentum</td> <td>Jam lama / gelang perak</td> </tr> <tr> <td>Stanum</td> <td>Tin sardin</td> </tr> </table>	Aluminium	Kerajang aluminium	Zink	Badan bateri (Bateri lama)	Besi	Besi paku	Argentum	Jam lama / gelang perak	Stanum	Tin sardin
Aluminium	Kerajang aluminium										
Zink	Badan bateri (Bateri lama)										
Besi	Besi paku										
Argentum	Jam lama / gelang perak										
Stanum	Tin sardin										

Manual amali yang dibina telah disahkan dari segi kesahan kandungan (indeks Cohen kappa = 1.00) dan kesahan kimia hijau (indeks Cohen kappa = 1.00) oleh dua orang pakar yang terdiri daripada dua orang pensyarah universiti tempatan. Selepas menyiapkan instrumen dan manual amali kimia hijau yang digunakan dalam kajian, kajian rintis dijalankan ke atas 10 orang sampel kajian rintis. Tujuan kajian rintis dijalankan adalah untuk memastikan ketepatan item dalam soal selidik dari sudut kefahaman responden yang merangkumi aspek tatabahasa, isi kandungan, kejelasan, kesahan item dan kebolehpercayaan serta menganggarkan masa yang sesuai untuk mentadbir ujian. Maklum balas daripada pelajar dalam kajian rintis digunakan untuk memperbaiki kelemahan yang dikenal pasti pada instrument kajian dan manual amali kimia hijau. Setelah pemurnian terakhir ujian pra dan pasca-pencapaian dan manual amali kimia hijau selesai, kajian sebenar dijalankan ke atas 22 orang responden kajian. Rajah 3 menunjukkan prosedur kajian yang dijalankan dalam kajian ini.



Rajah 3. Ringkasan prosedur kajian

DAPATAN KAJIAN DAN PERBINCANGAN

Jadual 4 di bawah menunjukkan skor responden kedua-dua kumpulan iaitu kumpulan kawalan (n = 11) dan rawatan (n = 11) dalam ujian pra dan pasca yang dijalankan. Ujian pra yang dijalankan bertujuan memastikan kedua-dua kumpulan adalah setara dari segi kebolehan

kognitif atau pengetahuan sedia ada, manakala ujian pasca bertujuan melihat keberkesanan amali kimia hijau ke atas pencapaian pelajar dalam tajuk elektrokimia.

Jadual 4. Peratus skor ujian pencapaian pra dan pasca bagi kumpulan kawalan dan rawatan.

Responden	Kumpulan kawalan		Kumpulan rawatan	
	Ujian Pra	Ujian Pasca	Ujian Pra	Ujian Pasca
R1	25	55	25	65
R2	30	55	35	65
R3	30	25	25	60
R4	35	35	40	55
R5	45	45	30	65
R6	35	50	50	80
R7	35	45	45	65
R8	30	45	40	80
R9	25	50	35	70
R10	35	45	40	80
R11	30	55	40	70

Soalan kajian 1: Adakah terdapat perbezaan yang signifikan dalam skor ujian pencapaian bagi kumpulan kawalan dan rawatan sebelum rawatan?

Jadual 5. Keputusan Ujian T.

Kumpulan	Min	Perbezaan min	Perbezaan Sd.	t	df	Nilai signifikan (2-hujung)
Kawalan	32.27	-4.545	8.501	-1.773	10	.107
Rawatan	36.82					

*Tahap signifikan 0.05

Berdasarkan dapatan nilai t yang diperolehi, kajian mendapati hipotesis yang pertama tidak ditolak di mana nilai $t(10) = -1.773$, $p > 0.05$. Oleh itu, tidak terdapat perbezaan yang signifikan dalam ujian pencapaian pra di antara kumpulan kawalan dan rawatan. Dapatan ini menunjukkan pemahaman pelajar bagi kumpulan kawalan dan rawatan sebelum pembelajaran dijalankan adalah setara, maka analisis seterusnya boleh dijalankan.

Soalan kajian 2: Adakah terdapat perbezaan yang signifikan dalam skor ujian pencapaian bagi kumpulan kawalan dan rawatan selepas rawatan?

Jadual 6. Keputusan Ujian T.

Kumpulan	Min	Perbezaan min	Perbezaan Sd.	t	df	Nilai signifikan (2-hujung)
Kawalan	68.64	22.727	9.582	7.866	10	.000
Rawatan	45.91					

*Tahap signifikan 0.05

Dapatan ujian t dalam Jadual 6 menunjukkan hipotesis kajian ke 2 berjaya ditolak. Nilai t yang diperolehi iaitu $t(10) = 7.866$, $p < 0.05$ menunjukkan terdapat perbezaan yang signifikan dalam ujian pencapaian pasca di antara kumpulan kawalan dan rawatan. Dapatan ini menunjukkan skor ujian pencapaian selepas pembelajaran adalah berbeza bagi kumpulan kawalan dan rawatan. Jadual 6 juga menunjukkan min peratus skor ujian pencapaian bagi kumpulan rawatan lebih tinggi berbanding peratus skor ujian pencapaian bagi kumpulan kawalan selepas pembelajaran dijalankan. Oleh itu, dapat dilihat pelaksanaan amali kimia hijau memberi kesan yang positif terhadap skor ujian pencapaian pelajar.

Soalan kajian 3: Adakah terdapat perbezaan yang signifikan dalam skor ujian pencapaian bagi kumpulan kawalan sebelum dan selepas rawatan?

Jadual 7. Keputusan Ujian T.

Kumpulan	Min	Perbezaan min	Perbezaan Sd.	t	df	Nilai signifikan (2-hujung)
Kawalan	32.27					
Rawatan	68.64	-36.364	10.269	-11.744	10	.000

*Tahap signifikan 0.05

Dapatan kajian bagi nilai t yang diperolehi mendapati hipotesis kajian ketiga berjaya ditolak. Nilai $t(10) = -11.744$, $p < 0.05$ menunjukkan terdapat perbezaan yang signifikan di antara kumpulan kawalan bagi ujian pra dan pasca pencapaian pelajar. Hal ini kerana pelajar masih mendapat pendedahan topik elektrokimia semasa pembelajaran tanpa pelaksanaan amali kimia hijau. Walaupun pelajar menjalani kaedah pengajaran konvensional namun pelajar dapat mengaplikasikan pengetahuan bagi topik elektrokimia yang dipelajari semasa menjawab ujian pencapaian pasca. Namun sedemikian, skor pencapaian bagi pelajar kumpulan kawalan dalam ujian pencapaian pasca adalah lebih rendah berbanding skor pencapaian bagi pelajar bagi kumpulan rawatan.

Soalan kajian 4: Adakah terdapat perbezaan yang signifikan dalam skor ujian pencapaian bagi kumpulan rawatan sebelum dan selepas rawatan?

Jadual 8. Keputusan Ujian T.

Kumpulan	Min	Perbezaan min	Perbezaan Sd.	t	df	Nilai signifikan (2-hujung)
Kawalan	36.82					
Rawatan	45.91	-9.091	10.681	-2.823	10	.018

*Tahap signifikan 0.05

Keputusan menunjukkan nilai $t(10) = -2.823$, $p < 0.05$, oleh itu hipotesis keempat kajian berjaya ditolak, maka terdapat perbezaan yang signifikan bagi kumpulan rawatan di antara ujian pencapaian pra dan pasca. Dapatan kajian menunjukkan peningkatan skor ujian pencapaian pelajar selepas pelajar dikenakan pembelajaran topik elektrokimia dengan melaksanakan kaedah amali kimia hijau semasa menjalankan pengajaran amali di sekolah. Oleh itu, pelaksanaan amali kimia hijau memberi kesan yang positif ke atas pencapaian pelajar dalam topik elektrokimia.

Dapatan kajian secara keseluruhan menunjukkan pelaksanaan amali kimia hijau sebagai kaedah pengajaran dapat membantu meningkatkan pencapaian pelajar dalam topik elektrokimia. Dapatan kajian ini selari dengan kajian yang dijalankan oleh Fatin Nurfakhrana, Nur Syahirah dan Hafsah (2019), yang mendapati pencapaian pelajar yang menjalani amali kimia hijau berada pada tahap yang tinggi kerana pelajar lebih memahami dan dapat mengaplikasikannya ketika menjalankan amali di makmal. Nik Azmah, Norazimah, Norzilawati dan Ong Eng Tek (2016) menegaskan pengajaran dan pembelajaran secara amali merupakan suatu pedagogi berkesan yang meningkatkan pencapaian pelajar serta menambah baik kefahaman konsep sains pelajar.

KESIMPULAN

Terdapat kesan yang positif dalam pelaksanaan amali kimia hijau ke atas pencapaian pelajar dalam kumpulan kawalan dan kumpulan rawatan. Prestasi pencapaian pelajar didapati meningkat selepas

menggunakan manual amali kimia hijau. Justeru, di samping meningkatkan prestasi pencapaian pelajar, pelaksanaan amali kimia hijau membantu guru mempelbagaikan kaedah pengajaran di makmal terutamanya pelaksanaan amali kimia hijau yang diharapkan dapat meningkatkan tahap amalan lestari dalam kehidupan harian pelajar. Secara langsung, pelajar dapat memberi sumbangan dalam melestarikan alam sekitar dengan mengaplikasikan pengetahuan yang dipelajari dan menyebarkan pengetahuan tersebut kepada semua ahli masyarakat. Selain itu, adalah diharapkan Kementerian Pendidikan Malaysia dapat menggunakan dapatan kajian penyelidikan ini sebagai panduan untuk menambahbaik kurikulum kimia bagi sekolah-sekolah menengah Malaysia sebagai satu lagi usaha ke arah merealisasikan Malaysia sebagai sebuah negara yang mengamalkan nilai-nilai lestari.

RUJUKAN

- Aini, M. S., Nor Azura, S., & Fakhru'l-Razi, A. (2011). Impact of Environmental Education on Concern, Knowledge and Sustainable Behavior of Primary School Children. *Health and the Environment Journal*, 2(1), 50-53.
- Alexiou, A., Bouras, C. & Giannaka, E. (2004). *Technology Enhanced Learning*. Boston: Springer.
- Boylan, C. (2008). Exploring Elementary Students' Understanding of Energy and Climate Change. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 1(1). 1-15.
- Carr-Chellman, A. A. (2011). *Instructional design for teachers: Improving classroom practice*. New York: Routledge.
- Cohen, J. (1968). Multiple regression as a general data-analytic system. *Psychological Bulletin*, 70(6), 426-443.
- Creswell, J. W. & Creswell, J. D. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Fatin Nurfakhrana, M. A., Nur Syahirah, M. N., & Hafsah, T. (2019). Secondary School Students' Green Chemistry Experiment, Knowledge, Attitude and Practice: Instrument Development and An Exploratory Study In Malaysia. *Jurnal Pendidikan Sains & Matematik Malaysia*, 9(1), 13-17.
- Hafsah, T., Vignesvaran, S., Khoo, Y. Y., Asmayati, Y., Lee, T. T., & Muhd Ibrahim, M. D. (2019). Impact of Student-Initiated Green Chemistry Experiments on Their Knowledge, Awareness and Practices of Environmental Sustainability. *International Conference of Chemistry (ICCHEM) 2018: Journal of Physics: Conference Series 1156*.
- Haliza, A. R. (2017). Usaha Dan Cabaran Dalam Mengaplikasikan Pendidikan Alam Sekitar Dalam Sistem Persekolahan Di Malaysia. *Asian Journal of Environment, History and Heritage*, 2(1), 61-70.
- Hamidah, Y., Jamal, Y. & Khalip, M. (2015). *Kaedah Penyelidikan Pengurusan Pendidikan*. Tanjong Malim, Perak: Nur Niaga Sdn. Bhd.
- Hanifah, M., Mohamadisa, H., Yazid, S., Nasir, N. & Saiyidatina, B. N. (2017). Pengetahuan dan Amalan Hijau dalam Kalangan Murid Sekolah Rendah. *Jurnal Pendidikan Malaysia*, 42(1), 41-49.
- Jabatan Alam Sekitar. (2012). *Garis Panduan Pelaksanaan Dan Penilaian Sekolah Lestari Anugerah Alam Sekitar*.
- Mageswary, K., Zurida, I. & Norita, M. (2011). Green Chemistry: Educating Prospective Science Teachers in Education for Sustainable Development at School of Educational Studies, USM. *Journal of Science Sciences*, 7(1), 42.
- Mageswary, K., Zurida, I. & Roth, W. M. (2012). Fostering Pre-Service Teachers' Self-Determined Environmental Motivation Through Green Chemistry Experiments. *Journal of Science Teacher Education*, 23(6), 673-696.
- Mageswary, K., Roth, W. M. & Devananthini, S. (2016). The Role of Green Chemistry Activities In Fostering Secondary School Students' Understanding Of Acid-Base Concepts And Argumentation Skills. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(4), 893-901.
- Kartini, A. P., Mohammad Yusof, A., Mohd Shafie, R. & Nurbiha, A. S. (2015). Implimentasi Pendidikan Pembangunan Lestari Melalui *Kimia Hijau* Secara Informal-Cabaran dan Peluang.
- Kementerian Pelajaran Malaysia (2016), *Buku Penerangan KSSM*. Putrajaya: Bahagian Pembangunan Kurikulum.
- Larson, M. B., & Lockee, B. B. (2014). *Streamlined ID: A practical guide to instructional design*. Oxon: Routledge.
- Lembaga Peperiksaan, Kementerian Pelajaran Malaysia. (2013). *Analisis Bertopik SPM Soalan Peperiksaan Tahun-Tahun Lepas 2015-2012*. Selangor: Sasbadi Sdn. Bhd.
- Lembaga Peperiksaan, Kementerian Pelajaran Malaysia. (2011-2017). *Kertas Soalan Peperiksaan Sebenar SPM 2011-2017*. Selangor: Pustaka Yakin Pelajar Sdn. Bhd.

- Mohd Fazli, H., Suhaida, A. K. & Soaib, A. (2013). Hubungan persekitaran sekolah dengan penglibatan pelajar dalam aktiviti kokurikulum di sekolah menengah. *Jurnal Pendidikan Malaysia* 38(2): 1-9.
- Mohd Rafi, Y., Razali, S. H. & Nik Rozhan, N. I. (2003). Perceptions of Educated Consumers on Environmentally Friendly Products in the East Coast of Peninsular Malaysia. *Malaysian Journal of Consumer and Family Economics*, 6, 42-49.
- Mok, S. S. (2008). *Learner and Learning Environment. Educational Psychology and Pedagogy*. Penerbitan Multimedia Sdn.Bhd.
- Natasya, M. N., Nurul Huda, A. M. & Hafisah, T. (2019). The Status of Knowledge, Attitude and Behavior of Postgraduate Students Towards Education for Sustainable Development (ESD). *Jurnal Pendidikan Sains dan Matematik Malaysia*, 9 (2). 35-41.
- Nik Azmah, N. Y., Norazimah, M. A., Norazilawati, A. dan Ong, E. T. (2016). The Effectiveness of Hands-On/ Authentic Learning on Elementary School Students' Achievement In And Attitudes Towards Science. *Jurnal Pendidikan Sains & Matematik Malaysia*, 6(1), 79-100.
- Noraini, I. (2013). Penyelidikan dalam pendidikan. Kuala Lumpur: Mc Graw Hill Education (M).
- Norazilawati, A., Nik Azmah, N. Y., Noraini, M. N. & Mohd Nazir, M. Z. (2017). Pembinaan Perisian Interaktif untuk Menerapkan Kemahiran Proses Sains dalam Mata Pelajaran Sains Sekolah Rendah. *Jurnal Pendidikan Sains dan Matematik Malaysia*, 7(1), 76-92.
- Nurul Hidayah, L. A., Haryati, S. & Seow, T.W. (2013). Pengetahuan Murid Dan Perkaitan Ibu Bapa Terhadap Kesedaran Alam Sekitar: Satu Kajian Awal. *Jurnal Teknologi*, 64(1), 51-57.
- Paristiwati, M., Hadinugrahaningsih, T., Purwanto, A. & Karyadi, P. A. (2019). Analysis of Students' Scientific Literacy in Contextual-Flipped Classroom Learning on Acid-Base Topic. *International Conference of Chemistry (ICCHEM) 2018: Journal of Physics: Conference Series 1156*. 1-6.
- Ramlee, I, Jamal@Nordin, Y. & Marinah, A. (2016). Analisis Data & Pelaporan dengan menggunakan SPSS. Tanjung Malim, Perak: My Era Cetak Sdn. Bhd.
- Rose Amnah, A. R. & Mohamad Sattar, R. (2010). Pembangunan Alat Ukur Tahap Kemahiran Kebolehdapatan Kerja. Selangor: Universiti Putra Malaysia.
- Saedah, S., Muhammad Ridhuan, T. L. A. & Rozaini, M. R. (2020). *Pendekatan Penyelidikan Rekabentuk dan Pembangunan.; Aplikasi kepada Peneyelidikan Pendidikan*. Tanjung Malim: Universiti Pendidikan Sultan Idris.
- Siti Khatijah, Z. & Chirstopher, P. (2016). Cabaran dan Strategi ke Arah Pembentukan Komuniti Lestari. *Malaysian Journal of Society and Space*, 12(12), 10-24.
- Sjostrom, J., Rauch, F. & Eilks, I. (2015). Chemistry Education for Sustainability. In *Relevant Chemistry Education-From Theory to Practice*; Eilks, I., Hofstein, A., Eds.; Sense: Rotterdam; The Netherlands. 163–184.
- Ummu Nasibah, N., Muhammad Izuan, A. G. & Nazipah, M. S. (2015). Model Addie Dalam Proses Reka Bentuk Modul Pengajaran: Bahasa Arab Tujuan Khas Di Universiti Sains Islam Malaysia Sebagai Contoh. *Proceedings of the International Seminar on Language Teaching ISeLT 2015*. Bangi, Malaysia.
- Vignesvaran, S. (2018). *Kesan amali Kimia Hijau ke atas pengetahuan dan sikap pelajar terhadap kelestarian alam*. Tanjung Malim: Fakulti Sains dan Matematik, Universiti Pendidikan Sultan Idris.
- Zarrintaj, A., Sharifah Zarina, S. Z., Abdul Samad, H. & Mahyar, S. (2012). Environmental Education in Malaysia, Progresses and Challenge Ahead (Review). *Life Science Journal*, 9(2), 1149-1151.
- Zyadin, A., Puhakka, A., Ahponen, P., Cronberg, T. & Pelkonen, P. (2012). School Students' Knowledge, Percepitations, and Attitudes Toward Renewable Energy in Jordan. *Renewable Energy*, 4(1), 78-85.