

Pembangunan Satu Pendekatan bagi Memperkasakan Sistem Keselamatan Makmal Sains Sekolah di Malaysia (Developing an Approach to Enhance School Laboratory Safety in Malaysia)

NUR LIYANA ALI*, GOH CHOO TA, SHARIFAH ZARINA SYED ZAKARIA, MAZLIN MOKHTAR & SHARINA ABDUL HALIM

ABSTRAK

Keselamatan di makmal Sains sekolah harus diberi perhatian memandangkan pembelajaran masa kini menggalakkan pelajar terlibat aktif, iaitu dengan menjalankan sendiri penyiasatan melalui eksperimen tertentu. Sehubungan itu, Kementerian Pendidikan Malaysia (KPM) telah menyediakan garis panduan Pengurusan dan Keselamatan Makmal Sains Sekolah (PKMSS) serta menerapkan elemen-elemen keselamatan makmal di dalam buku teks dan buku amali berteraskan Sains. Akan tetapi, dokumen-dokumen ini tidak menyediakan satu pendekatan keselamatan makmal yang komprehensif dan mudah diingati oleh para pelajar. Maka dengan menganalisis dokumen-dokumen tersebut, kajian ini membangunkan satu pendekatan yang menyediakan tatacara yang teratur merangkumi komponen-komponen penting keselamatan makmal, supaya ia lebih komprehensif dan mudah diingati, khususnya untuk pelajar sekolah. Asas pembangunan pendekatan keselamatan makmal ini adalah berdasarkan kepada pendekatan 3R (reduce, reuse dan recycle). Pendekatan keselamatan makmal yang dibangunkan dalam kajian ini dikenali sebagai 5P (Prosedur Kerja, Peralatan Keselamatan, Pengendalian Eksperimen, Pembuangan Sisa Bahan Kimia dan Pelan Tindakan Kecemasan). Diharapkan pendekatan 5P ini dapat diterapkan oleh pihak berkepentingan pada masa depan, dan seterusnya membantu meningkatkan tahap keselamatan makmal Sains sekolah di Malaysia.

Kata kunci: Makmal sekolah; keselamatan makmal; pendekatan; kemalangan; pendidikan Sains

ABSTRACT

Laboratory safety in schools should be emphasized as existing education system encourages students to conduct scientific experiments in school laboratories. The Ministry of Education (MOE) has published guidelines on the Management and Safety of School Laboratory (PKMSS) and incorporated elements on laboratory safety into science textbook and practical. Nonetheless, these documents did not offer a comprehensive approach that can be easily memorised by the students. Hence by analysing relevant documents, this study offers a systematic approach that encompasses important components of laboratory safety, in order to make it more comprehensive and easily memorised by the students. Basis to develop the approach is based on the 3R approach (reduce, reuse and recycle). The laboratory safety approach developed in this study is known as 5P (Procedures, Safety Equipment, Handling Experiment, Chemical Waste Management and Emergency Response Plan). Perhaps the 5P approach can be adopted by stakeholders in the future and then enhance school laboratory safety in Malaysia.

Keywords: School laboratory; laboratory safety; approach; accident; science education

PENGENALAN

Proses pembelajaran masa kini mengutamakan penglibatan pelajar secara aktif. Pembelajaran yang aktif akan menjadikan sesuatu mata pelajaran itu menjadi lebih menarik, di samping dapat meningkatkan lagi minat pelajar terhadap mata pelajaran tersebut. Selain itu, penglibatan yang aktif menyebabkan pelajar tidak berasa bosan atau tertekan sepanjang kelas. (Nurzatulshima et al. 2009). Pelajar tidak hanya sekadar menerima, menghafal maklumat dan mengeluarkan semula maklumat tersebut semasa mereka menduduki peperiksaan, malah dengan melibatkan pelajar secara aktif dalam pembelajaran akan memberi kesan

pengalaman yang bermakna berbanding dengan kaedah pengajaran *chalk and talk*, menggunakan buku teks semata-mata atau *teaching the test*. Antara kurikulum pelajaran yang sedia ada, kurikulum Sains memerlukan pelajar menjalani aktiviti *hands-on* menggunakan pendekatan inkuiri-penemuan bagi meningkatkan keberkesanan semasa proses pembelajaran.

Mortimer dan Scott (2003) bersetuju bahawa mata pelajaran Sains pada masa kini mementingkan kaedah pembelajaran yang berpusatkan pelajar serta pengajaran dan pembelajaran yang aktif di mana guru dan pelajar bersama-sama dalam melaksanakan pelbagai aktiviti *hands-on*. Manakala Kaufman (1990) menegaskan bahawa

pembelajaran yang aktif dengan menggunakan kaedah *hands-on* adalah biasa dilakukan, malah ia menjadi kaedah yang sangat penting dalam penyampaian mata pelajaran Sains yang berkesan. Di Malaysia, aktiviti *hands-on* ini biasanya dirujuk sebagai kerja amali, eksperimen atau kerja makmal yang biasanya dijalankan di makmal yang berorientasikan pelajar (KPM 2002). Menurut Meor Ibrahim Kamaruddin dan Nurul Huda (2011), kaedah inkuiri-penemuan merupakan satu pendekatan penyelesaian masalah yang disusun khas supaya sesuatu yang ditunjukkan kepada pelajar akan menjadi cabaran mereka untuk menyelidik dan meneliti secara mendalam.

Pembelajaran Sains melalui penerokaan dan menjalankan eksperimen dapat mencetuskan perasaan ingin tahu dan seterusnya memberi kefahaman mendalam yang menjadi asas kepada prinsip Sains (KPM 2010). Bersesuaian dengan itu, makmal Sains telah diwujudkan di sekolah-sekolah rendah dan juga menengah, di mana makmal Sains merupakan tempat yang penting dan kondusif bagi guru dan pelajar meneroka sesuatu konsep dengan menjalankan eksperimen dan ini adalah setara dengan pendekatan inkuiri-penemuan yang ditekankan dalam pengajaran dan pembelajaran Sains.

Walaupun makmal Sains menyediakan satu platform untuk pelajar menerokai ilmu secara *hands-on*, makmal Sains juga merupakan tempat yang berisiko. Terdapat berbagai-bagai bahan kimia yang berbahaya di dalam makmal Sains. Contohnya seperti gas toksik, asap ataupun cecair yang boleh terlepas daripada bekasnya ketika dikendalikan dan boleh menyebabkan masalah kesihatan seperti keracunan, alergic dan masalah pernafasan (Adane & Abeje 2012). Kajian yang telah dilakukan juga membuktikan bahawa kemalangan di makmal Sains berlaku malah semakin meningkat dari semasa ke semasa. Tsung et al. (2007) melaporkan kemalangan yang berlaku dalam makmal Sains universiti dan kolej di Taiwan merupakan masalah yang semakin meningkat. Selain itu, Stroud et al. (2007) melaporkan sebanyak 32,000 (17%) kemalangan melibatkan pelajar sekolah yang mengendalikan aktiviti berkaitan dengan mata pelajaran Sains.

Kemalangan di makmal Sains terjadi adalah disebabkan oleh pelbagai faktor. Ia boleh berpunca daripada kecuaiian dan kejahilan dan akibatnya akan menyebabkan kemudaratan kepada diri, peralatan dan juga persekitaran. Menurut Adane dan Abeje (2012), kemalangan yang sering berlaku di makmal Sains berpunca daripada kurangnya pengalaman pelajar dan juga pelatih. Mereka tidak menitikberatkan aspek keselamatan semasa mengendalikan bahan-bahan yang berbahaya di dalam makmal Sains. Backus et al. (2012) dalam ringkasan laporannya yang dibentangkan semasa Perbincangan Keselamatan dalam Pembelajaran Kimia yang diadakan pada Oktober 2011 bersetuju bahawa keselamatan merupakan perkara yang wajib diletakkan di tahap paling utama dalam pengajaran dan makmal penyelidikan, serta jurusan kimia dan makmal yang berasaskan program pendidikan. Manakala Crockett (2011) menyatakan bahawa untuk pengajian tinggi, pihak

universiti harus mengambil langkah dengan mengadakan kelas yang spesifik mengenai keselamatan makmal dan mewajibkan setiap pelajar lulus dalam ujian diadakan.

Malaysia juga tidak terkecuali daripada mengalami kes kemalangan yang melibatkan pelajar semasa berada di makmal Sains. Misalnya, kes kemalangan yang berlaku di Makmal Sains Sekolah Menengah Gunung Rapat, Ipoh telah mengakibatkan 19 orang pelajar tercedera akibat letupan paip gas dalam makmal Sains. Mangsa yang terlibat dilaporkan mengalami kegatalan tekak, kepedihan mata dan juga hidung. Punca utama kejadian itu berlaku adalah disebabkan oleh kebocoran paip gas yang telah usang yang terdapat di dalam makmal Sains tersebut (Utusan Malaysia 2004).

Berdasarkan kes-kes kemalangan yang dilaporkan di dalam makmal Sains menunjukkan pengabaian aspek keselamatan menyumbang kepada faktor utama berlakunya kemalangan di makmal Sains. Oleh itu, sesuatu tindakan wajar dilakukan bagi mengatasi masalah ini. Sikap mengutamakan keselamatan di dalam makmal Sains perlu menjadi budaya oleh kesemua pengguna makmal Sains. Salah satu cara untuk mengatasi kelemahan ini adalah dengan memperkenalkan satu pendekatan yang dapat menyampaikan maklumat dengan lebih mudah dan berkesan kepada pengguna makmal Sains, khususnya kepada pelajar. Hal ini adalah kerana penyampaian dan penerimaan yang berkesan dapat meningkatkan kesedaran dan kefahaman dalam kalangan pengguna makmal dan seterusnya memupuk sikap yang mengutamakan keselamatan makmal.

PENDEKATAN KESELAMATAN MAKMAL

Menurut Kamus Dewan, istilah 'pendekatan' merupakan kaedah yang diambil bagi melaksanakan tugas ataupun mengatasi masalah. Ia tidak semestinya merupakan satu kaedah yang baru, malah ia boleh merupakan satu konsep yang menggabungkan kaedah-kaedah yang sedia ada. Sebagai contoh, dengan merujuk kepada pendekatan 3R, ketiga-tiga kaedah di bawah 3R, iaitu *reduce* (mengurangkan), *reuse* (pakai semula) dan *recycle* (kitar semula) bukannya kaedah baru. Akan tetapi, pendekatan 3R telah membangunkan satu tatacara yang teratur untuk menggabungkan ketiga-tiga kaedah yang sedia ada supaya ia lebih senang diingati ramai. Pendekatan 3R bermatlamat untuk mengurangkan kuantiti sisa yang dijanakan dan kini pendekatan 3R telah diamalkan oleh pelbagai pihak berkepentingan, termasuk orang awam.

Berbalik kepada keselamatan makmal, secara amnya terdapat tiga sumber utama dalam sistem pendidikan Malaysia yang mengambil kira kepentingan keselamatan makmal Sains, iaitu garis panduan Pengurusan dan Keselamatan Makmal Sains Sekolah (PKMSS), buku teks dan buku amali sekolah. PKMSS yang disediakan oleh KPM merupakan garis panduan yang penting untuk pihak sekolah, termasuk guru dan pembantu makmal

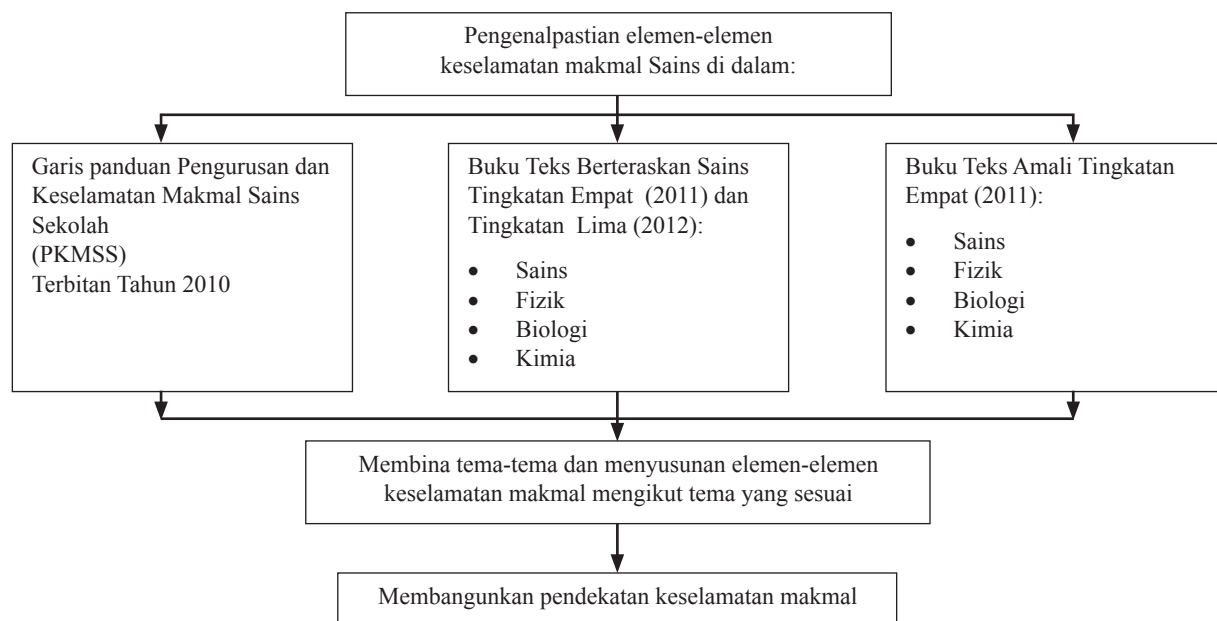
bagi mengurus serta memastikan keselamatan di makmal Sains sekolah. Buku teks dan buku amali yang berteraskan Sains pula merupakan bahan pengajaran kepada guru untuk mendidik pelajar kepentingan keselamatan makmal, di samping mengajar mata pelajaran Sains. Walau bagaimanapun, ketiga-tiga sumber utama ini tidak menyediakan pendekatan keselamatan makmal yang komprehensif dan mudah diingati oleh para pelajar.

TUJUAN KAJIAN

Kajian ini bermatlamat untuk membangunkan pendekatan yang merupakan satu tatacara yang teratur merangkumi komponen-komponen penting keselamatan makmal, serta lebih komprehensif dan mudah diingati bagi memperkasakan keselamatan makmal Sains, khususnya untuk pelajar sekolah.

METODOLOGI

Kajian ini melibatkan dua peringkat. Pada peringkat pertama, garis panduan Pengurusan dan Keselamatan Makmal Sains Sekolah (PKMSS), buku teks dan buku amali sekolah berteraskan mata pelajaran Sains tingkatan empat dan lima telah dianalisis untuk mengenal pasti elemen keselamatan makmal. Proses seterusnya adalah untuk membina tema-tema yang sesuai dan kesemua elemen yang telah dikenalpasti disusun mengikut kesesuaian tema. Pada peringkat kedua, pendekatan keselamatan makmal dibangunkan di mana tema yang telah dikenal pasti menjadi komponen-komponen utama dalam pendekatan keselamatan makmal. Rajah 1 menunjukkan proses yang terlibat dalam pembangunan pendekatan keselamatan makmal.



RAJAH 1. Proses pembangunan pendekatan keselamatan makmal

DAPATAN KAJIAN

ANALISIS DOKUMEN

Pada tahun 1999, KPM telah menerbitkan garis panduan Pengurusan dan Keselamatan PKMSS untuk mempertingkatkan dan memperkemaskan prosedur dan tatacara pelbagai aspek berkaitan pengurusan dan keselamatan makmal Sains sekolah di Malaysia. Seterusnya pada tahun 2010, garis panduan PKMSS telah dikaji semula dan garis panduan yang telah dikemas kini (edisi kedua) mengandungi 14 bab yang diberi perhatian oleh KPM dalam pengurusan dan keselamatan makmal Sains sekolah. Kesemua bab yang terdapat dalam garis panduan PKMSS mencakupi semua aspek penting yang diperlukan bagi pengurusan dan keselamatan semasa di makmal Sains

secara berkesan. Ia termasuk aspek fungsi dan peranan organisasi dalam pendidikan Sains; infrastruktur makmal Sains, peranan guru Sains dan kakitangan makmal, pembekalan, prosedur penggantian dan pembelian, perancangan perbelanjaan, pengurusan aset, keselamatan dan keceriaan, pengurusan pengajaran dan pembelajaran, penyelenggaraan makmal Sains sehinggalah kepada aspek hapus kira dan pelupusan bahan serta peralatan. Setiap bab dihuraikan dengan terperinci dan jelas supaya pihak yang terlibat dalam pengurusan makmal Sains sekolah memahami dan seterusnya dapat mengaplikasikannya. Kesemua aspek yang ditekankan dalam garis panduan PKMSS ini akan dinilai melalui instrumen penarafan sendiri yang tercatat dalam garis panduan tersebut.

Hasil analisis buku teks dan buku amali Sains, Fizik, Biologi dan Kimia tingkatan empat dan lima menunjukkan

bahawa terdapat elemen keselamatan makmal Sains di dalam setiap buku tersebut. Elemen ini lebih memberi fokus kepada langkah-langkah keselamatan semasa menjalankan eksperimen, seperti kebenaran guru, keselamatan pelajar, kecemasan, kebersihan dan lain-lain. Selain itu, simbol-simbol amaran dan berjaga-jaga juga dijelaskan dalam buku teks dan buku amali. Akan tetapi, terdapat sedikit perbezaan antara buku amali, sebagai contoh buku amali Kimia menekankan lebih spesifik elemen keselamatan makmal, manakala untuk buku amali Fizik dan Biologi, elemen keselamatan makmal di dalamnya adalah lebih umum.

PENDEKATAN 5P

Pelbagai usaha telah dilakukan sama ada penciptaan idea baru ataupun penambahbaikan demi memastikan kesedaran keselamatan makmal Sains dalam kalangan setiap individu. Miliszewska dan Sztendur (2011) telah menjelaskan metod berinovatif dalam usaha memupuk kesedaran keselamatan makmal dalam kalangan pelajar, iaitu dengan menggunakan pendekatan berasaskan latihan melalui permainan komputer bagi menggantikan kaedah tradisional. Raddo (2006) pula memberi cadangan menggunakan komik dalam pengajaran keselamatan makmal kimia. Foster (2003) telah menyenaraikan sembilan prinsip pengurusan keselamatan makmal yang berkesan. Rengarajan (2012) pula membincangkan program penyiasatan makmal sendiri sebagai salah satu cara untuk merubah budaya keselamatan dan pembangunan pendidikan alam sekitar. Alaimo et al. (2010) menubuhkan kumpulan keselamatan di dalam makmal dengan melibatkan pelajar secara aktif bagi membina kemahiran dan kesedaran keselamatan mereka.

Di samping itu, terdapat juga kajian yang memberi penekanan terhadap keselamatan makmal dengan mewujudkan kursus yang spesifik bagi keselamatan makmal Sains. Pingel (2005) melaporkan Universiti Illinois mewujudkan kursus Asas Keselamatan Makmal Sains bagi memenuhi hasrat untuk memperbaiki mutu keselamatan di kampus. Selain itu kursus terbabit diadakan bertujuan untuk memberi pendedahan awal kepada pelajar mengenai asas amalan kerja yang selamat kepada pelajar supaya mereka dapat mengamalkannya apabila memasuki alam pekerjaan kelak. Hal ini berbeza dengan artikel yang ditulis oleh Miller et al. (2000) di mana mereka telah memperkenalkan Program Kebersihan Kimia yang Sesuai dan Keselamatan yang diaplikasikan dalam kurikulum kimia yang sedia ada. Mereka berpendapat bahawa membuat penambahbaikan kepada kurikulum yang sedia ada adalah lebih efisien daripada membina kurikulum keselamatan yang baru.

Dalam kajian ini, penyelidik mengambil inisiatif untuk membangunkan satu pendekatan yang mudah, ringkas dan menyeluruh sebagai usaha untuk memperkasakan keselamatan makmal Sains sekolah. Bagi mencapai matlamat tersebut, beberapa proses tahap analisis dilakukan dengan terperinci. Daripada analisis yang telah dibuat, penyelidik mengeluarkan tema yang sama yang dipunyai

oleh setiap dokumen sebelum menyusun dan membuat penstrukturan semula menjadi satu bentuk pendekatan yang mempunyai maksud, nilai dan boleh digunakan secara menyeluruh. Hasil daripada proses tersebut, maka satu pendekatan yang dinamakan Pendekatan 5P (Rajah 2) telah dibentuk.

Pendekatan 5P (Rajah2) merupakan lima komponen utama yang mewakili peraturan-peraturan yang terdapat di dalam makmal Sains, iaitu (1) Prosedur kerja; (2) Peralatan keselamatan; (3) Pengendalian eksperimen; (4) Pengurusan sisa bahan kimia dan (5) Pelan tindakan kecemasan. Pendekatan ini digunakan bagi memudahkan guru dan pembantu makmal menyampaikan maklumat dan pelajar pula mudah untuk memahami dan mengingati maklumat yang disampaikan. Apabila pelajar dapat menerima dan mengingati maklumat yang disampaikan, secara tidak langsung amalan baik keselamatan makmal Sains dapat dipraktikkan.



RAJAH 2. Pendekatan 5P

KOMPONEN 1 - PROSEDUR KERJA

Komponen pertama yang diberi perhatian dalam Pendekatan 5P ialah prosedur kerja. Prosedur kerja merupakan peraturan yang perlu diikuti oleh pelajar sepanjang mereka berada di makmal Sains. Dalam Pendekatan 5P yang diusulkan ini, prosedur kerja perlu mempunyai tiga elemen yang penting, iaitu peraturan, garis panduan dan juga surat perakuan.

Peraturan merangkumi perkara yang perlu dipatuhi oleh pelajar sepanjang berada di makmal Sains. Contohnya, pelajar perlu memakai cermin mata keselamatan semasa mengendalikan bahan kimia yang berbahaya. Garis panduan akan bertindak sebagai agen keselamatan di mana pelajar akan merujuk kepada garis panduan semasa mengendalikan eksperimen seperti panduan untuk menjalankan eksperimen dan langkah berjaga-jaga sebelum, semasa dan selepas mereka menjalankan

eksperimen. Manakala surat perakuan merupakan satu perjanjian bertulis di mana pelajar berjanji untuk mematuhi peraturan dan garis panduan keselamatan makmal Sains yang telah disediakan dan ditetapkan. Sekiranya pelajar gagal mematuhi peraturan seperti dalam perjanjian, maka pihak sekolah mempunyai hak untuk mengambil tindakan terhadap pelajar terbabit. Surat perakuan yang dibuat bukanlah bertujuan untuk menghukum pelajar, tetapi ia adalah salah satu cara untuk memupuk sifat tanggungjawab setiap pelajar terhadap setiap tindakan yang dilakukan.

Tujuan utama prosedur kerja adalah untuk memberi maklumat dan pengetahuan awal kepada pelajar mengenai makmal Sains sebelum eksperimen dimulakan. Hal ini adalah untuk memastikan keselamatan mereka sepanjang berada di dalam makmal Sains serta dapat memanfaatkan penggunaan makmal Sains secara optimum. Menurut Frazier dan Sterling (2005) pelajar mestilah mempunyai ilmu pengetahuan mengenai peraturan keselamatan dan mematuhi peraturan-peraturan tersebut. Ini boleh dicapai melalui dua kaedah, iaitu melalui penjelasan yang terperinci di dalam kelas dan kontrak keselamatan yang perlu ditandatangani oleh pelajar dan juga ibu bapa. Oleh itu, para pelajar diseru supaya membaca prosedur kerja ini terlebih dahulu dan membuat persiapan sebelum memasuki makmal Sains. Foster (2002) pula menghuraikan peraturan dan undang-undang keselamatan merupakan perkara paling utama dalam pelaksanaan program kecemerlangan keselamatan makmal yang dianjurkan oleh Lembaga Pemegang Amanah Sistem, Universiti Barat Virginia. Menurut beliau, setiap semester pelajar akan diberikan satu peraturan keselamatan jabatan yang formal sebelum memulakan sesi pertama di makmal. Dalam peraturan keselamatan tersebut turut mengandungi peraturan pemakaian alat keselamatan dan tingkah laku di makmal dan juga surat akuan yang perlu ditandatangani oleh pelajar yang menyatakan bahawa mereka akan membaca, memahami dan mematuhi semua peraturan jabatan setiap masa ketika berada di makmal Sains.

Oleh itu, setiap makmal Sains sekolah perlu menyediakan prosedur kerja yang lengkap dan diperjelaskan kepada pelajar supaya mereka mempunyai maklumat mengenai peraturan dan berjanji untuk mematuhi sebelum memulakan aktiviti di dalam makmal Sains sekolah demi menjamin keselamatan mereka dan alam sekitar.

KOMPONEN 2 - PERALATAN KESELAMATAN

Peralatan keselamatan merujuk kepada peralatan dan kemudahan keselamatan yang diperlukan dalam sesebuah makmal Sains. Peralatan keselamatan merupakan salah satu komponen dalam Pendekatan 5P yang bertujuan melindungi keselamatan pelajar dalam pembelajaran Sains berteraskan *hands on*. Dalam komponen peralatan keselamatan ini terdapat dua elemen yang perlu diberi perhatian oleh makmal Sains sekolah, iaitu (1) peralatan keselamatan umum dan (2) peralatan keselamatan peribadi.

Peralatan keselamatan umum merujuk kepada peralatan yang digunakan bersama oleh pelajar, contohnya kebuk wasap dan sistem pengalihan udara (ventilator system). Tujuan peralatan keselamatan umum adalah untuk memastikan keselamatan makmal Sains secara keseluruhan semasa eksperimen dijalankan. Sebagai contoh, pengendalian bahan kimia mudah meruap yang berbahaya harus dijalankan dalam kebuk wasap supaya wap bahan kimia berbahaya tidak terbebas ke sekeliling kawasan makmal Sains. Manakala peralatan keselamatan peribadi, ataupun lebih dikenali sebagai alat perlindungan peribadi (personal protective equipment, PPE), merujuk kepada peralatan keselamatan yang perlu dipakai oleh pelajar semasa mengendalikan eksperimen. Contohnya ialah cermin mata keselamatan, baju makmal dan sarung tangan. Tujuan pemakaian alat perlindungan diri di dalam makmal adalah untuk melindungi kulit daripada bahan kimia yang berbahaya selain mengelakkan daripada berlakunya pencemaran (Stricoff & Walters 1990).

Kepentingan kedua-dua elemen peralatan keselamatan umum dan peribadi hendaklah dipandang serius oleh pihak sekolah kerana kegagalan salah satu aspek keselamatan kimia akan membawa kesan buruk kepada pengguna makmal Sains. Satu kes yang boleh dijadikan iktibar oleh semua pihak ialah peristiwa yang berlaku pada Disember 2008 di Makmal Universiti California, Los Angeles di mana seorang pembantu penyelidik terbakar hampir keseluruhan badannya ketika menjalankan eksperimen yang menggunakan bahan kimia yang sensitif terhadap udara. Beliau meninggal dunia 18 hari selepas kejadian tersebut akibat kecederaan parah yang dialaminya. Menurut laporan, beliau tidak memakai baju makmal semasa mengendalikan eksperimen tersebut dan kematiannya menyebabkan penyelia serta sistem di Universiti berkenaan didakwa (Noorden 2011).

KOMPONEN 3 - PENGENDALIAN EKSPERIMEN

Pelajar memerlukan pengetahuan dan kemahiran dalam mengendalikan eksperimen supaya eksperimen yang dijalankan berkesan dan mencapai objektifnya serta tidak memudaratkan pengguna makmal Sains yang terdiri daripada pelajar. Pengendalian eksperimen menuntut supaya pelajar menggunakan bahan dan peralatan yang betul terhadap eksperimen yang dijalankan. Sekiranya pelajar menggunakan bahan kimia yang tidak serasi, maka kemungkinan berlaku kemalangan adalah tinggi. Pelajar seharusnya mengetahui bahan dan peralatan yang sesuai bagi menjalankan sesuatu eksperimen di makmal Sains. Kajian yang dilakukan oleh Artdej (2012) mendedahkan bahawa majoriti pelajar telah mengalami salah faham definisi bahaya kimia. Responden dalam kajian tersebut juga menunjukkan bahawa mereka tidak memberi perhatian kepada aspek keselamatan semasa mengendalikan eksperimen. Berdasarkan kajian ini, tidak mustahil kemalangan berlaku kerana pelajar mengendalikan

eksperimen tanpa mempunyai pengetahuan yang kukuh mengenai bahan kimia dan peralatan yang digunakan.

Oleh itu, pengajaran dan pembelajaran masa kini seharusnya lebih menekankan kepada keselamatan, di samping menguasai ilmu Sains. Guru-guru, pelajar dan semua individu yang terlibat secara langsung dalam pengendalian eksperimen perlu menanamkan sikap peka kepada keselamatan bagi menjamin kelestarian masa hadapan. Terdapat kajian luar negara yang mencadangkan supaya program keselamatan perlu diadakan di bawah setiap kursus Sains yang melibatkan penggunaan makmal Sains (Hakinson & Rangsdale 2000; Pingel 2005; Bradley 2011). Kajian tersebut membuktikan bahawa melalui penganjuran program dan aktiviti keselamatan, pelajar memperoleh pengetahuan untuk menjalankan amali di dalam makmal dengan cara yang selamat, di samping dapat memupuk sikap bertanggungjawab terhadap pekerjaan dan alam sekitar.

KOMPONEN 4 - PEMBUANGAN SISA BAHAN KIMIA

Sisa bahan kimia yang terhasil selepas menjalankan eksperimen adalah berbahaya dan perlu dilupuskan mengikut peraturan yang telah ditetapkan. Kaufman (1990) mendefinisikan sisa bahan kimia sebagai sesuatu yang tidak diperlukan di mana ia biasanya wujud dalam bentuk pepejal, cecair mahupun gas. Menurut beliau lagi, sesuatu sisa bahan itu dikategorikan sebagai bahaya ialah sekiranya sisa bahan tersebut tidak dikendalikan dengan betul, ia boleh menyebabkan kecederaan, kematian, kerosakan ataupun mencemarkan alam sekitar. Oleh itu, sisa bahan kimia yang dihasilkan daripada eksperimen yang dilakukan tidak boleh dibuang sewenang-wenangnya ke dalam longkang ataupun sinki kerana sisa bahan kimia ini termasuk dalam kategori berbahaya. Sekiranya pelajar membuang sisa bahan kimia ke dalam sinki atau longkang, risiko seperti tindak balas antara sisa bahan kimia berkemungkinan berlaku dan mengakibatkan kejadian yang tidak diingini seperti letupan atau kebakaran.

Selain itu, pembuangan sisa bahan kimia secara terus ke dalam sinki akan memberi kesan yang buruk kepada alam sekitar kerana sisa tersebut akan mengalir ke sistem kumbahan dan seterusnya ke sungai. Menurut *Committee on Hazardous Substances in the Laboratory et al.* (1988) terdapat makmal Sains yang melupuskan sisa bahan buangan dengan cara menuangnya ke dalam longkang atau menanam sisa-sisa tersebut ke dalam tanah. Cara pelupusan seperti ini adalah tidak diterima dan disekat oleh peraturan tempatan, negeri dan persekutuan. Oleh itu pihak sekolah seharusnya mempunyai pelan mengenai sistem pelupusan sisa bahan kimia. Guru turut memainkan peranan penting di mana mereka seharusnya terlebih dahulu mempunyai pengetahuan tentang peraturan pembuangan sisa bahan kimia ini, dan seterusnya pelajar juga harus diberi pendedahan yang betul tentang cara-cara melupuskan sisa bahan kimia. Guru harus memantau pelajar sewaktu mereka mengendalikan bahan kimia supaya memastikan pelajar mengikuti peraturan yang telah ditetapkan.

KOMPONEN 5 - PELAN TINDAKAN KECEMASAN

Keselamatan di makmal Sains sekolah perlu diberi perhatian untuk melindungi mereka yang bekerja dalam makmal Sains daripada segala kemalangan akibat kecuaiian atau kejadian di luar jangkauan. Antara kemalangan yang mungkin berlaku di makmal Sains adalah seperti kebakaran, letupan, kejutan elektrik, kebocoran gas dan kebocoran bahan kimia. Sekiranya kemalangan terjadi di dalam makmal, individu yang berada di dalam kawasan berkenaan perlulah mengetahui tindakan kecemasan yang patut dan betul untuk dilaksanakan bagi menyelamatkan nyawa mereka.

Dalam Pendekatan 5P, tindakan kecemasan terbahagi kepada dua elemen yang penting, iaitu infrastruktur dan sistem. Infrastruktur merujuk kepada alatan kecemasan yang diperlukan ketika berlakunya kecemasan seperti pemadam api, kit pertolongan cemas, stesen pencuci mata dan sebagainya. Manakala sistem merangkumi prosedur-prosedur tindakan kecemasan, pelan tindakan kecemasan, arahan tempat berkumpul sekiranya berlaku kebakaran, label laluan keluar serta keterangan pihak yang perlu dihubungi ketika kecemasan (Green & Turk 1978; Freeman & Whitehead 1982). Kesemua infrastruktur dan sistem perlulah disediakan dan diletakkan di tempat yang mudah untuk dilihat serta digunakan oleh semua individu yang terlibat dalam makmal Sains (Freeman & Whitehead 1982) dalam laporannya kajiannya terhadap guru-guru menengah Sains mengenai status keselamatan Sains di sekolah-sekolah di Utara California mendapati sekolah-sekolah tersebut gagal menyediakan infrastruktur kecemasan yang menepati standard dan undang-undang. Contohnya pihak sekolah gagal menyediakan stesyen pencuci mata yang mencukupi di dalam makmal Sains.

Oleh sebab itu, semua individu yang terlibat dalam aktiviti yang menggunakan makmal Sains perlulah bersedia sekiranya berlaku sebarang kemungkinan kemalangan. Guru-guru dan pembantu makmal perlu mengetahui prosedur pertolongan cemas untuk memberi rawatan kepada mangsa sebelum mangsa di hantar ke hospital (KPM 2010). Walau bagaimanapun, pelajar juga harus didedahkan dengan prosedur tindakan kecemasan supaya mereka lebih bersedia dan mampu memberi pertolongan kecemasan yang betul sekiranya kejadian yang tidak diingini berlaku. Setiap makmal Sains sekolah disarankan agar mempunyai kedua-dua elemen ini di bawah pelan tindakan kecemasan dan pelan tersebut harus dikemas kini supaya mematuhi keadaan dan garis panduan semasa.

KESIMPULAN

Kemalangan-kemalangan di makmal Sains sekolah yang telah dilaporkan menjadi kebimbangan semua pihak. Kita tidak mahu melihat makmal Sains hilang fungsinya sebagai tempat yang kondusif bagi menjalankan pengajaran dan pembelajaran mata pelajaran Sains. Dalam kajian ini, penyelidik memperkenalkan satu pendekatan untuk

memperkasakan sistem keselamatan makmal Sains sekolah, iaitu dengan membina Pendekatan 5P yang merangkumi lima komponen utama, iaitu (1) Prosedur kerja, (2) Peralatan keselamatan, (3) Pengendalian eksperimen, (4) Pembuangan sisa bahan kimia dan (5) Pelan tindakan kecemasan. Pendekatan 5P merupakan satu tatacara yang teratur merangkumi komponen-komponen penting keselamatan makmal, lebih komprehensif dan mudah diingati bagi memperkasakan keselamatan makmal Sains, khususnya untuk pelajar sekolah. Sekiranya pendekatan ini diterima, maka guru dan pembantu makmal perlu memahami pendekatan 5P sepenuhnya supaya matlamat dan tujuannya disampaikan kepada pelajar secara berkesan.

PENGHARGAAN

Setinggi-tinggi penghargaan kepada Kementerian Pengajian Tinggi di bawah geran XX-06-2012 dan geran GGPM-2011-058 di atas sumbangan dana bagi menjalankan penyelidikan ini. Sumbangan yang diberikan amat dihargai.

RUJUKAN

- Adane, L. & Abeje, A. 2012. Assessment of familiarity and understanding of chemical hazard warning signs among university students majoring chemistry and biology: A case study at Jimma University, Southwestern Stthiopia. *World Applied Sciences Journal* 16(2): 290-299.
- Alaimo, P.J., Langenhan, J.M. & Tanner, M.J. 2010. Safety teams: An approach to engage students in laboratory safety. *Journal of Chemical Education* 87(8): 856-861.
- Artdej, R. 2012. Investigating undergraduate students' scientific understanding of laboratory safety. *Social and Behavioral Sciences* 46: 5058-5062.
- Backus, B.D., Fivizanni, K., Goodwin, T., Finster, D., Austin, E., Doud, W., Wiediger, S.D. & Kinsley, S. 2012. Laboratory safety culture: Summary of the chemical education research and practice - Safety in chemistry education panel discussion at the 39th Great Lake Joint Regional American Chemical Society Meeting, St. Louis, Missouri, on October 21, 2011. *Journal of Chemical Health & Safety* 19(4): 20-24.
- Badariah Hamzah, Chang See Leong, Koay Kheng Chuan & Yew Kok Leh. 2012. *Fizik Tingkatan 5*. Kementerian Pelajaran Malaysia. Batu Pahat, Johor: Zeti Enterprise
- Bradley, S. 2011. Integrating safety into undergraduate chemistry curriculum. *Journal of Chemical Health & Safety* 18(4): 4-10.
- Chong Kum Ying, Thong Kum Yong & Nor Mazliana Abdul Hashim. 2012. *Sains Tingkatan 5*. Kementerian Pelajaran Malaysia. Kuala Lumpur: Ordonata Publishing Sdn. Bhd.
- Committee on Hazardous Substances in the Laboratory, Assembly of Mathematical and Physical Sciences & National Research Council. 1988. *Prudent Practices for Handling Hazardous Chemical in Laboratories*. United States: National Academy Press.
- Crockett, J.M. 2011. Laboratory safety for undergraduates. *Journal of Chemical Health & Safety* 18(4): 16-24.
- Foster, B.L. 2002. Department of Chemistry laboratory safety program at West Virginia University. *Journal of Chemical Health & Safety* 9(2): 21-28.
- Foster, B.L. 2003. Principles of laboratory safety management in academia. *Journal of Chemical Health & Safety* 10(3): 13-16.
- Frazier, W.M. & Sterling, D.R. 2005. What should my science classroom rules be and how can I get my students to follow them?. *The Clearing House* 31-35.
- Freeman, N.T. & Whitehead, J. 1982. *Introduction to Safety in the Chemical Laboratory*. United States: Academic Press Inc.
- Gan Wan Yeat, Manoharan Subramaniam & Azmah Rajion. 2011. *Biologi Tingkatan 4*. Kementerian Pelajaran Malaysia. Selangor Darul Ehsan: Bakaprep Sdn. Bhd.
- Gan Wan Yeat, Manoharan Subramaniam & Azmah Rajion. 2011. *Biologi Tingkatan 4 Buku Amali*. Kementerian Pelajaran Malaysia. Selangor Darul Ehsan: Bakaprep Sdn. Bhd.
- Green, M.E. & Turk, A. 1978. *Safety in Working with Chemicals*. United States: McMillan Publishing Co., Inc.
- Hakinson, B.L. & Rangsdale, T.W. 2000. Laboratory safety program at Francis Marion University. *Journal of Chemical Health & Safety* 7(2): 10-13.
- Kaufman, J.A. 1990. *Waste Disposal in Academic Institutions*. United States: Lewis, Inc.
- Kementerian Pendidikan Malaysia. 2002. *Huraian Sukatan Pelajaran Fizik Tingkatan Empat*. Kuala Lumpur: Pusat Perkembangan Kurikulum.
- Kementerian Pelajaran Malaysia. 2010. *Pengurusan dan Keselamatan Makmal Sains Sekolah*. Kuala Lumpur: Pusat Perkembangan Kurikulum.
- Low Swee Neo, Lim Yean Ching, Eng Nguan Hong, Lim Eng Wah & Umi Khalom Ahmad. 2011. *Kimia Tingkatan 4*. Kementerian Pelajaran Malaysia. Selangor Darul Ehsan: Abadi Ilmu Sdn. Bhd.
- Low Swee Neo, Lim Yean Ching, Eng Nguan Hong, Lim Eng Wah & Umi Khalom Ahmad. 2011. *Kimia Tingkatan 4 Buku Amali*. Kementerian Pelajaran Malaysia. Selangor Darul Ehsan: Abadi Ilmu Sdn. Bhd.
- Meor Ibrahim Kamaruddin & Nurul Huda Yazit @ Yajit. 2011. Tahap pengetahuan amalan keselamatan makmal sains dalam kalangan guru pelatih sains, Fakulti Pendidikan, Universiti Teknologi Malaysia. *Journal of Educational Management* 4: 66-79.
- Miliszewska, I. & Sztendur, E.M. 2011. Playing it safe: approaching science safety awareness through computer game-based training. *Informing Science and Information Technology* 8: 37-47.
- Miller, G.J., Heideman, S.A. & Greenbowe, T.J. 2000. Introducing proper chemical hygiene and safety in the general chemistry curriculum. *Journal of Chemical Education* 9: 1185-1187.
- Mohd Najib Ghafar & Abdul Rauf Ibrahim, M.N. 2011. Penilaian hubungan tahap penguasaan konsepsi sains dengan tahap kemahiran proses sains guru peringkat menengah rendah. *Journal of Science and Mathematics Educational* 3: 1-19.
- Mortimer, E.F & Scott, P.H. 2003. *Meaning Making in Secondary Science Classrooms*. England: McGraw-Hill Education.
- Noor Hayatee Md. Noor, Mak Sew Yin, Quek Yoke Hua & Chong Kum Ying. 2011. *Sains Tingkatan 4*. Kementerian Pelajaran Malaysia. Batu Pahat, Johor: Zeti Enterprise.
- Noor Hayatee Md. Noor, Mak Sew Yin, Quek Yoke Hua & Chong Kum Ying. 2011. *Sains Tingkatan 4 Buku Amali*. Kementerian Pelajaran Malaysia. Batu Pahat, Johor: Zeti Enterprise.

- Noorden, R.V. 2011. A death in the lab. *Nature* 472: 270-271/
- Nurzatulshima Kamarudin, Lilia Halim, Kamisah Osman & T. Subahan Mohd. Meerah. 2009. Pengurusan penglibatan pelajar dalam amali sains. *Jurnal Pendidikan Malaysia* 34(1): 205-217.
- Pingel, J.E. 2005. Illinois "lab safety fundamentals" course. *Journal of Chemical Health & Safety* 12(2): 23-29.
- Raddo, P.D. 2006. Teaching chemistry lab safety through comics. *Journal of Chemical Education* 83(4): 571-573.
- Rengarajan, K. 2012. Laboratory self-inspection program at participation as an indication of improved safety culture in Emory University. *Journal of Chemical Health & Safety* 19(4): 15-19.
- Stricoff, R.S. & Walters, D.B. 1990. *Laboratory Health and Safety Book: A Guide for the Preparation of a Chemical Hygiene Plan*. United States: A Wiley-Interscience.
- Stroud, L.M., Stallings, C., Korbusieski & Korbusieski, T.J. 2007. Implementation of a science laboratory safety program in North Carolina Schools. *Journal of Chemical Health & Safety* 14(3): 20-30.
- Tsung, C.W., Chi, W.L. & Mu, C.L. 2007. Safety climate in university and college laboratories: Impact of organizational and individual factors. *Journal of Safety Research* 38: 91-102.
- Utusan Malaysia. 1 Julai 2004. *19 Pelajar Cedera Paip Gas Makmal Sekolah Meletup*.
- Wong Tzyy Woei, Teh Lay Hong & Hasimah Azit. 2012. *Biologi Tingkatan 5*. Kementerian Pelajaran Malaysia. Johor Bahru: IMS Books Trading Sdn. Bhd.
- Yee Sye Foong. 2012. *Kimia Tingkatan 5*. Kementerian Pelajaran Malaysia. Selangor Darul Ehsan: Penerbitan Bangi Sdn. Bhd.
- Yong Kai Seng. 2011. *Fizik Tingkatan 4*. Kementerian Pelajaran Malaysia. Selangor Darul Ehsan: Danalis Distributors Sdn. Bhd.
- Yong Kai Seng. 2011. *Fizik Tingkatan 4 Buku Amali*. Kementerian Pelajaran Malaysia. Selangor Darul Ehsan: Danalis Distributors Sdn. Bhd.

Nur Liyana Ali*, Goh Choo Ta, Sharifah Zarina Syed Zakaria,
Mazlin Mokhtar & Sharina Abdul Halim
Institut Alam Sekitar dan Pembangunan (LESTARI)
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM Bangi
Selangor Darul Ehsan
Malaysia

*Pengarang surat-menyurat; email: nurliyanali@gmail.com

Diserahkan : 1 Oktober 2013

Diterima : 4 Jun 2014