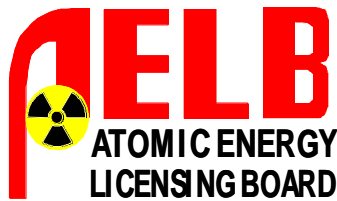




**PANDUAN BAGI PENGENDALIAN
BAHAN RADIOAKTIF DALAM
PENGAJIAN
SAINS DI SEKOLAH-SEKOLAH
MENENGAH**



Lembaga Perlesenan Tenaga Atom
Kementerian Sains, Teknologi & Inovasi
Batu 24, Jalan Dengkil
43800 Dengkil
Selangor Darul Ehsan
Malaysia

Tel: 03-89284100/89267699
Faks : 03-89223685
Homepage : <http://www.aelb.gov.my>

Perkara	Kandungan	Muka Surat
1.	Tujuan dan skop	3
2.	Am	3
3.	Tanggungjawab sekolah	4
4.	Tugas guru / kakitangan yang dipertanggungjawabkan	4
5.	Tanggungjawab guru yang mengendalikan eksperimen	5
6.	Pengendalian punca terkedap	6
7.	Pengendalian punca tak terkedap	7
8.	Penyimpanan dan penstoran bahan radioaktif	10
9.	Pelupusan bahan radioaktif	11
10.	Simbol sinaran	12
11.	Huraian	13

1. TUJUAN DAN SKOP

- 1.1 Panduan ini adalah bertujuan untuk memberi penerangan ringkas mengenai langkah-langkah-langkah keselamatan radiologikal yang perlu diambil perhatian oleh sekolah-sekolah menengah yang menggunakan bahan radioaktif dalam pengajian sains.
- 1.2 Panduan ini juga boleh digunakan oleh guru yang dipertanggungjawabkan untuk mengurus (termasuk pembelian, penggunaan, penstoran, dan pelupusan) bahan radioaktif di sesebuah sekolah.

2. AM

- 2.1 Jenis bahan radioaktif yang lazim digunakan di sekolah-sekolah adalah dalam bentuk punca terkedap (sealed sources). Contoh punca terkedap serta keaktifannya yang biasa digunakan adalah seperti berikut :-

Radionuklid :	Co-60	Sr-90	Cs-137	Ra-226	Am-241
Keaktifan (kBq) :	200	80	200	20	20
(μ Ci) :	5.4	2.1	5.4	0.5	0.5

- 2.2 Keaktifan punca-punca terkedap yang digunakan di sekolah-sekolah adalah sangat rendah dan ia tidaklah mendatangkan risiko radiologikal yang ketara kepada guru atau murid-murid yang menggunakan punca tersebut. Walau bagaimanapun, langkah-langkah keselamatan yang dicadangkan dalam panduan ini perlu diambil perhatian supaya dapat mengurangkan dedahan sinaran kepada orang yang mengendalikan bahan radioaktif.
- 2.3 Sekolah-sekolah adalah digalakkan mengguna punca radioaktif terkedap bagi tujuan pengajian sains. Penggunaan punca radioaktif tak terkedap (unsealed sources) tidak digalakkan kerana langkah-langkah keselamatan yang diperlukan agak rumit dan juga memerlukan perbelanjaan yang tinggi kepada sekolah. Walau bagaimanapun, sekiranya terdapat sekolah yang masih berminat untuk menggunakan punca tak terkedap, sekolah tersebut perlulah mendapatkan nasihat selanjutnya daripada Lembaga.
- 2.4 Sebarang eksperimen yang akan menggunakan bahan radioaktif, seboleh-bolehnya hendaklah dikendalikan oleh guru sahaja. Walau bagaimanapun, murid-murid boleh turut terlibat mengendalikan eksperimen tersebut dengan syarat mereka sentiasa di bawah pengawasan rapi oleh guru.

3. TANGGUNGJAWAB SEKOLAH

- 3.1 Pihak sekolah hendaklah memperolehi bahan radioaktif hanya daripada pembekal yang diiktiraf oleh Kementerian Pendidikan dan dilesenkan oleh Lembaga Perlesenan Tenaga Atom mengikut Akta 304.
- 3.2 Pihak sekolah hendaklah melantik seorang guru/kakitangan yang dipertanggungjawabkan untuk mengurus (termasuk pembelian, penggunaan, penstoran dan pelupusan) bahan radioaktif. Guru/kakitangan yang dilantik ini hendaklah mempunyai pengetahuan asas dalam keselamatan dan perlindungan sinaran. Pengetahuan asas yang dimaksudkan adalah seperti yang dinyatakan dalam Lampiran 1.
- 3.3 Pihak sekolah hendaklah mengadakan tempat serta kemudahan yang diperlukan bagi penyimpanan dan penstoran bahan radioaktif dengan baik di sekolah.
- 3.4 Pihak sekolah hendaklah memastikan bahawa sisa radioaktif dilupuskan mengikut prosedur yang dicadangkan dalam panduan ini (lihat Bahagian 9: Pelupusan).
- 3.5 Pihak sekolah hendaklah memberitahu Lembaga sekiranya berlaku kecurian atau kehilangan ke atas mana-mana bahan radioaktif.

4. TUGAS GURU/KAKITANGAN* YANG DIPERTANGGUNGJAWABKAN

- 4.1 Tugas utama guru/kakitangan yang dipertanggungjawabkan adalah menguruskan bahan radioaktif di sekolah. Ini termasuk urusan pembelian, penggunaan, penstoran dan pelupusan bahan radioaktif.
- 4.2 Semasa pembelian, guru/kakitangan yang dipertanggungjawabkan hendaklah memastikan supaya setiap punca terkedap telah dilabel dengan nama radionuklid dan keaktifannya serta nombor siri yang membezakannya daripada punca-punca lain.
- 4.3 Guru/kakitangan yang dipertanggungjawabkan hendaklah mewujudkan buku daftar untuk merekodkan semua bahan radioaktif yang terdapat di sekolah.
- 4.4 Guru/kakitangan yang dipertanggungjawabkan hendaklah memastikan bahawa bahan radioaktif yang terdapat di sekolah distor dan disimpan dengan baik dan teratur.
- 4.5 Guru/kakitangan yang dipertanggungjawabkan hendaklah menetapkan langkah-langkah keselamatan radiologikal tertentu yang boleh dipaparkan pada dinding makmal misalnya supaya ia senang dilihat dan dapat dibaca dengan jelas.

* Kakitangan yang dimaksudkan ialah penyelia makmal ataupun pembantu makmal.

- 4.6 Guru/kakitangan yang dipertanggungjawabkan hendaklah memastikan bahawa setiap punca terkedap diperiksa untuk mengesan kebocoran dan kontaminasi pada tempoh-tempoh tertentu misainya 5 tahun sekali dan juga apabila disyaki berlaku kebocoran. Cara pemeriksaan adalah dengan mengesat punca radioaktif tersebut dengan kertas turas lembab dan kemudiannya mengesan sebarang kontaminasi dengan menggunakan "ratemeter counter" yang sedia ada di sekolah. Sekiranya "ratemeter" menunjukkan bacaan yang ketara, maka ini bermakna kertas itu telah tercemar dan punca terkedap yang dikesat itu telah bocor. Catatan mengenai pemeriksaan rutin ini hendaklah dimasukkan ke dalam buku daftar.
- 4.7 Jika sesuatu punca terkedap didapati rosak atau bocor setelah diperiksa oleh guru/kakitangan yang dipertanggungjawabkan, punca terkedap itu tidak boleh digunakan lagi dan hendaklah disimpan di dalam kotak penyimpanannya. Lembaga perlulah dihubungi untuk mendapatkan nasihat mengenai tindakan selanjutnya yang perlu diambil ke atas punca terkedap yang sudah rosak dan bocor ini.
- 4.8 Guru/kakitangan yang dipertanggungjawabkan hendaklah memastikan bahawa bahan radioaktif dilupuskan mengikut prosedur yang betul (sila lihat Bahagian 9: Pelupusan).

5. TANGGUNGJAWAB GURU YANG MENGENDALIKAN EKSPERIMEN

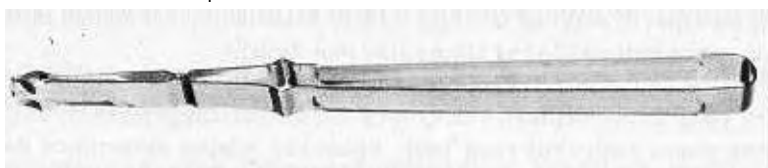
- 5.1 Guru yang akan menggunakan bahan radioaktif dalam eksperimen adalah bertanggungjawab untuk menyelia penggunaan bahan radioaktif semasa eksperimen dijalankan di makmal sekolah.
- 5.2 Sekiranya terdapat murid-murid sekolah yang turut mengendalikan eksperimen yang menggunakan bahan radioaktif, guru yang bertanggungjawab ke atas eksperimen tersebut hendaklah sentiasa mengawas rapi murid-murid ini semasa eksperimen dijalankan. Tanggungjawab utama terhadap keselamatan sinaran semasa eksperimen dijalankan terletak pada guru tersebut.
- 5.3 Guru yang mengendalikan eksperimen hendaklah memastikan supaya langkah-langkah keselamatan diikuti dan dipraktikkan semasa eksperimen dijalankan.
- 5.4 Guru yang mengendalikan eksperimen hendaklah membilang semua punca radioaktif yang terdapat di makmal sebelum sesuatu kelas tamat. Ini adalah untuk memastikan tiada punca radioaktif yang hilang atau pun dicuri.
- 5.5 Guru yang mengendalikan eksperimen adalah bertanggungjawab untuk mengumpul semua punca radioaktif yang telah digunakan selepas eksperimen dan memastikan supaya punca-punca ini dikembalikan ke bilik stor dan disimpan dengan baik.

6. PENGENDALIAN PUNCA TERKEDAP

- 6.1 Punca terkedap tidak boleh dipegang dengan tangan atau pun diletakkan pada kedudukan yang hampir dengan mata. Sebaliknya punca terkedap hendaklah dikendalikan dengan menggunakan forsep atau penyepit (tongs).
- 6.2 Semasa menjalankan eksperimen, guru atau murid hendaklah seboleh-bolehnya menjarakkan dirinya daripada punca terkedap supaya dapat mengurangkan dedahan sinaran yang akan diterima oleh mereka.
- 6.3 Suatu buku daftar hendaklah diwujudkan dan daftar itu hendaklah mengandungi maklumat-maklumat berikut:-
 - (a) Nama dan jenis punca radioaktif yang terdapat di sekolah;
 - (b) Keaktifan punca radioaktif ;
 - (c) Tarikh punca radioaktif diterima ; dan
 - (d) Tarikh dan bagaimana punca radioaktif dilupuskan apabila punca itu tidak lagi disimpan di sekolah.



Satu contoh punca radioaktif terkedap yang digunakan di sekolah-sekolah. Bahan radioaktif terkandung di dalam batang logam silinder dengan penutup pelindung kasa. Kotak yang dibuat daripada kayu keras ini dipasangkan dengan bekas plumbum untuk menyimpan punca radioaktif.



Satu contoh penyepit yang digunakan untuk memegang punca radioaktif.

Contoh kandungan buku daftar adalah seperti di Lampiran 2.

- 6.4 Semua punca terkedap hendaklah terus disimpan ke dalam kotak penyimpanannya apabila punca itu tidak digunakan lagi dalam eksperimen.

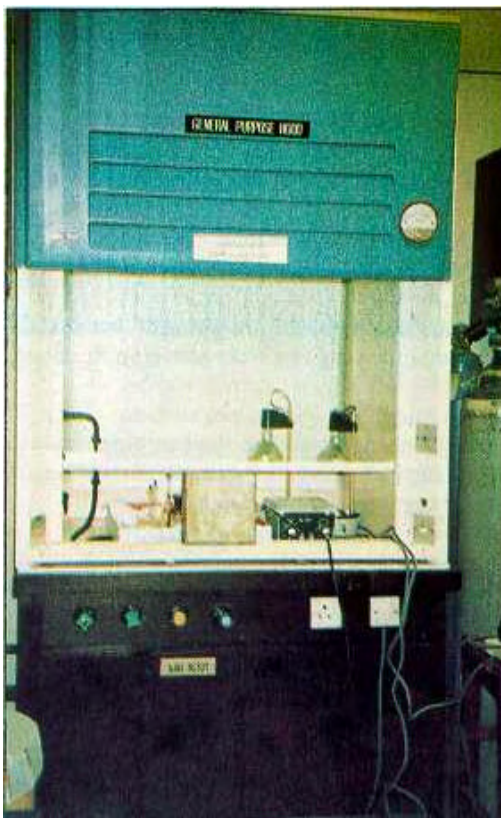
7. PENGENDALIAN PUNCA TAK TERKEDAP

- 7.1 Walaupun Lembaga tidak menggalakkan penggunaan punca radioaktif tak terkedap di sekolah-sekolah, panduan ini juga mencadangkan secara ringkas langkah-langkah keselamatan radiologikal bagi sekolah-sekolah yang masih ingin menggunakan punca tak terkedap dalam pengajian sains.
- 7.2 Punca tak terkedap yang digunakan di sekolah-sekolah mungkin dalam bentuk cecair, serbuk atau gas. Satu contoh punca tak terkedap yang digunakan di sekolah adalah serbuk garam torium yang terdapat dalam "thoron generator" sebagai sumber gas toron (Radon-220).
- 7.3 Bahaya utama penggunaan punca tak terkedap kepada guru dan murid sekolah timbul hanya setelah ia masuk ke dalam badan sama ada melalui mulut atau sistem pernafasan.
- 7.4 Punca tak terkedap hendaklah disimpan dalam bekas yang telah dilabel dengan nama radionuklid dan keaktifannya serta simbol sinaran mengion (lihat Rajah 1 pada Bahagian 10).
- 7.5 Semua punca tak terkedap hendaklah didaftarkan dalam buku daftar yang sama bagi punca terkedap. Di antara maklumat yang perlu dicatatkan di dalam buku daftar tersebut adalah:-
- (a) Nama dan keaktifan punca radioaktif;
 - (b) Tarikh penerimaan ; dan
 - (c) Tarikh dan cara pelupusan.
- 7.6 Pencairan (dilution), pembancuhan dan pelupusan hendaklah dilakukan oleh guru/kakitangan yang dipertanggungjawabkan.
- 7.7 Seboleh-bolehnya kerja yang melibatkan punca tak terkedap hendaklah dilakukan dalam almari wasap dan barang-barang yang tidak berkaitan perlulah dikeluarkan ataupun diketepikan terlebih dahulu. Ini adalah untuk mengelak daripada berlakunya kontaminasi pada barang-barang tersebut.
- 7.8 Semua peralatan makmal yang digunakan dalam eksperimen yang melibatkan bahan radioaktif tidak boleh digunakan dalam eksperimen lain yang tidak menggunakan bahan radioaktif.

- 7.9 Kot makmal hendaklah dipakai semasa menjalankan eksperimen yang melibatkan bahan radioaktif. Sarung tangan plastik yang sesuai (disposable) hendaklah sentiasa dipakai semasa menjalankan eksperimen yang menggunakan punca tak terkedap. Pemakai sarung tangan itu hendaklah berhati-hati supaya objek-objek lain dalam makmal dan juga tangannya sendiri tidak tercemar oleh sarung tangan itu semasa eksperimen dijalankan dan juga semasa menanggalkan sarung tangan tersebut.
- 7.10 Eksperimen atau kerja yang menggunakan cecair bahan radioaktif hendaklah dilakukan di atas talam atau dulang yang dilapik dengan kertas penyerap di dalam almari wasap.
- 7.11 Penggunaan cecair bahan radioaktif tidak boleh dikendalikan dengan pipet mulut. Sebaliknya pipet hendaklah dikendalikan dengan picagari (syringe) atau bonggol (bulb). Penggunaan botol basuh polietilena yang boleh lentur adalah disarankan.
- 7.12 Makan, minum dan memakai bahan persolekan di dalam makmal adalah tidak dibenarkan. Luka di tangan hendaklah dibalut dengan plaster apabila hendak mengendalikan punca tak terkedap.
- 7.13 Peralatan makmal dan juga permukaan meja dan lantai yang tercemar dengan bahan radioaktif hendaklah dicuci dengan bersih.
- 7.14 Tong sampah, hendaklah disediakan untuk mengisi bahan pepejal yang telah tercemar seperti sarung tangan plastik, tisu atau kertas penyerap. Bekas sampah ini hendaklah dilabel dengan simbol sinaran (lihat Rajah 1 pada Bahagian 10) dan dilapik dengan karung plaslik khas untuk mencegah tong daripada tercemar.
- 7.15 Bagi sisa cecair radioaktif pula, suatu bekas./botol besar (Winchester bottle) yang dilabel dengan simbol sinaran (lihat Rajah 1 pada Bahagian 10) hendaklah disediakan. Sisa cecair tidak boleh dibuang ke dalam sink, longkang ataupun di mana-mana tempat lain.
- 7.16 Selepas menjalankan eksperimen, tangan hendaklah dibasuh dengan sabun sebelum menanggalkan makmal.



Punca gas Radon – 220 (Thoron)



Contoh almari wasap yang boleh digunakan semasa mengendali punca radioaktif tak terkedap.



Contoh tong sampah yang boleh digunakan untuk mengisi bahan pepejal yang telah tercemar

8. PENYIMPANAN DAN PENSTORAN BAHAN RADIOAKTIF

- 8.1 Semua bahan radioaktif hendaklah disimpan di dalam bilik stor atau almari yang berkunci. Tanda amaran yang mengandungi simbol sinaran (lihat Rajah 1 pada Bahagian 10) hendaklah dilekatkan pada pintu bilik stor ataupun almari tersebut supaya ia mudah dilihat dari luar.
- 8.2 Kedudukan stor atau almari tersebut hendaklah seboleh-bolehnya terletak jauh daripada ruang yang biasa diduduki orang.
- 8.3 Kotak/bekas penyimpan punca terkedap hendaklah dilabel dengan simbol sinaran mengion (lihat Rajah 1 pada Bahagian 10) pada sebelah luar kotak/bekas tersebut.
- 8.4 Kunci bilik stor ataupun almari yang mengandungi bahan radioaktif hendaklah disimpan oleh guru/kakitangan yang dipertanggungjawabkan.
- 8.5 Pemindahan bahan radioaktif hendaklah dilakukan hanya oleh guru/kakitangan yang dipertanggungjawabkan atau lain orang yang diberi kebenaran oleh pihak sekolah.
- 8.6 Sekiranya berlaku kebakaran, guru atau mana-mana kakitangan sekolah perlu memberitahu pihak Bomba tempatan mengenai tempat/lokasi bahan radioaktif disimpan di sekolah.



Bilik stor bahan radioaktif dengan lambang sinaran serta tanda amaran pada pintunya.

9. PELUPUSAN BAHAN RADIOAKTIF

9.1 Punca terkedap

9.1.1 Punca terkedap yang telah susut dan tidak diperlukan lagi hendaklah dikembalikan kepada pembekalnya ataupun dihantar ke pusat yang diiktiraf oleh Lembaga. Pada ketika ini pusat yang diiktiraf oleh Lembaga adalah Institut Teknologi Nuklear Malaysia (MINT).

9.2 Punca tak terkedap

9.2.1 Pihak sekolah hendaklah sama ada menyimpan sisa radioaktif cecair di dalam botol "Winchester" ataupun menghantarnya ke Institut Teknologi Nuklear.Malaysia.

9.2.2 Bahan tercemar seperti sarung tangan plastik, tisu atau kertas penyerap hendaklah dikumpulkan di dalam karung plastik khas yang disediakan dalam tong sampah. Karung plastik ini hendaklah diikat dengan betul dan dibuang ke dalam bekas sampah besar bandaran (municipal) dengan syarat paras sinaran tidak melebihi 0.5 mrem/j (5 uSv/j).



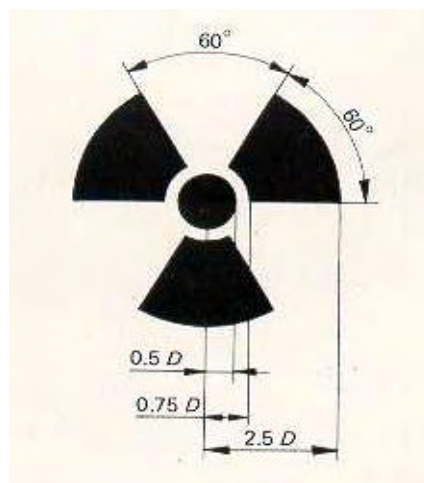
Contoh botol 'Winchester' yang boleh digunakan untuk menyimpan sisa radioaktif cecair.

10. **SIMBOL SINARAN**

- 10.1 Simbol sinaran (lihat Rajah 1) hendaklah terdiri daripada rekabentuk tiga bilah yang ditunjukkan di bawah yang menggunakan warna-warna amaran sinaran, iaitu hitam bagi rekabentuknya dan kuning bagi warna latarnya. Bagi tanda-tanda amaran, nilai minimum D hendaklah 8 milimeter.
- 10.2 Amaran-amaran tambahan yang bersesuaian seperti "AWAS BAHAYA SINARAN DILARANG MASUK" dan sebagainya bolehlah ditambah pada simbol sinaran tersebut.



Contoh tanda amaran yang menunjukkan kawasan itu telah tercemar.



Rajah 1 : Simbol Sinaran

11. HURAIAN

- 11.1 Lembaga ertinya Lembaga Perlesenan Perlesenan Tenaga Atom, iaitu badan penguatkuasa yang bertanggungjawab ke atas kawalan dan kawalselia penggunaan tenaga atom di Malaysia ini.
- 11.2 Bahan radioaktif ertinya bahan yang boleh mengeluarkan sinaran mengion seperti sinaran alfa, beta dan gamma dan ia boleh didapati sama ada dalam bentuk punca terkedap dan punca tak terkedap.
- 11.3 Punca terkedap (sealed sources) ertinya suatu punca sinaran yang terdiri daripada bahan radioaktif yang disatukan dengan kukuh dalam bahan yang pejal dan benar-benar tidak aktif, atau dikedapkan dalam suatu bekas tak aktif yang mempunyai kekuatan yang mencukupi untuk mencegah, dalam keadaan-keadaan penggunaan normal, apa-apa penyerakan isi kandungannya.
- 11.4 Punca tak terkedap (unsealed sources) ertinya bahan radioaktif dalam bentuk yang boleh terserak sama ada dalam bentuk cecair, serbuk dan gas.
- 11.5 Sisa radioaktif ertinya apa-apa sisa yang mengandungi kesemua atau sebahagian daripada:-
 - (a) Benda atau barang yang jika ianya bukan sisa dikira bahan radioaktif : atau
 - (b) Benda atau barang yang telah tercemar semasa mana-mana bahan radioaktif dibuat, disimpan atau digunakan, atau telah tercemar dengan tersentuh atau berdekatan dengan apa-apa sisa lain dalam erti perenggan (a) takrif ini.

Pengetahuan asas yang perlu dipunyai oleh guru yang bertanggungjawab untuk mengendalikan bahan radioaktif di sekolah-sekolah

Guru tersebut hendaklah sedikit sebanyak mengetahui mengenai perkara-perkara berikut:-

A. Sinaran mengion

- 1.0 Apa itu sinaran mengion.
- 2.0 Ciri-ciri sinaran mengion.
- 3.0 Konsep unit-unit sinaran.
- 4.0 Sumber sinaran mengion.

B. Kesan-kesan sinaran mengion

- 1.0 Kesan somatik.
- 2.0 Kesan genetik.

C. Prinsip-prinsip perlindungan sinaran

- 1.0 Sistem penghadan dos.
- 2.0 Perlindungan daripada bahaya sinaran luar dan dalam.
- 3.0 3 prinsip utama: masa, jarak dan pemerisai.

Contoh kandungan buku daftar

Jadual 1 : Senarai punca terkedap

Bil	Unsur dan no. jisim	No. siri bekas punca	Keaktifan (Ci/Bq)	Bilangan unit	Tarikh penerimaan	Tarikh pelupusan	Cara pelupusan

Jadual 2 : Senarai punca tak terkedap

Bil	Unsur dan no. jisim	Bentuk cecair /gas /pepejal	Keaktifan (Ci/Bq)	Kuantiti (g)	Tarikh penerimaan	Tarikh pelupusan	Cara pelupusan