


# SINARAN :

REALITI KEHIDUPAN



**MOSTI**

**NUKLEAR  
MALAYSIA**



## PENGENALAN

SINARAN adalah satu realiti kehidupan. Ia wujud di mana-mana, sama ada secara semula jadi, mahupun hasil buatan manusia. Kita sentiasa terdedah kepada sinaran yang terbebas dari angkasa lepas atau melalui unsur-unsur radioaktif semula jadi dari tanah dan bangunan yang kita diami. Sinaran juga terdapat di dalam tubuh manusia, hasil dari unsur-unsur radioaktif semula jadi yang diambil melalui makanan dan minuman serta udara yang disedut setiap masa. Walau bagaimanapun, dos sinaran semula jadi yang kita terima adalah berbeza dari satu tempat ke satu tempat yang lain, bergantung kepada keadaan semula jadi kawasan tersebut.

Selain daripada sinaran semula jadi, kita juga terdedah kepada punca sinaran tambahan yang terhasil dari kemajuan teknologi. Ini termasuk dari mesin-mesin sinar-X, bahan-bahan perubatan yang mengandungi unsur-unsur radioaktif, bahan-bahan radioaktif dari ujian letupan nuklear, dan bahan-bahan radioaktif dalam kuantiti sangat kecil yang terbebas ke alam sekitar, hasil dari operasi harian di reaktor nuklear.

# JENIS-JENIS SINARAN



Sungguhpun istilah sinaran adalah luas, meliputi gelombang radio, gelombang mikro dan cahaya, namun pengertian sebenarnya ialah sinaran mengion, sejenis sinaran yang menyebabkan mana-mana atom yang berlanggar dengannya menjadi ion atau bercas. Sifat mengion ini boleh menyebabkan kesan buruk kepada kesihatan manusia jika digunakan tanpa pengawasan yang sempurna.

Sinaran mengion terdiri dari sinar alfa, beta, gama dan neutron dan setiap sinaran mempunyai sifat yang berbeza.



**SINARAN ALFA** terdiri dari zarah berat yang bercas positif yang dibebaskan oleh unsur-unsur seperti uranium dan thorium. Sinaran ini boleh dihentikan dengan sekeping kertas sahaja. Namun, sekiranya bahan yang mengeluarkan sinaran alfa ini termasuk ke dalam tubuh badan, sama ada melalui pernafasan atau makanan dan minuman, tisu tubuh yang terdedah secara langsung kepada sinaran alfa boleh mendatangkan bahaya.



**SINARAN BETA** terdiri daripada elektron. Kuasa penembusannya adalah lebih tinggi dari sinaran alfa dan mampu menembusi air sedalam 1-2 cm. Pada umumnya, sinaran beta boleh dihentikan dengan sekeping aluminium yang tebalnya beberapa millimeter. Salah satu punca sinaran beta ialah tritium yang terdapat dalam ujian letupan nuklear.



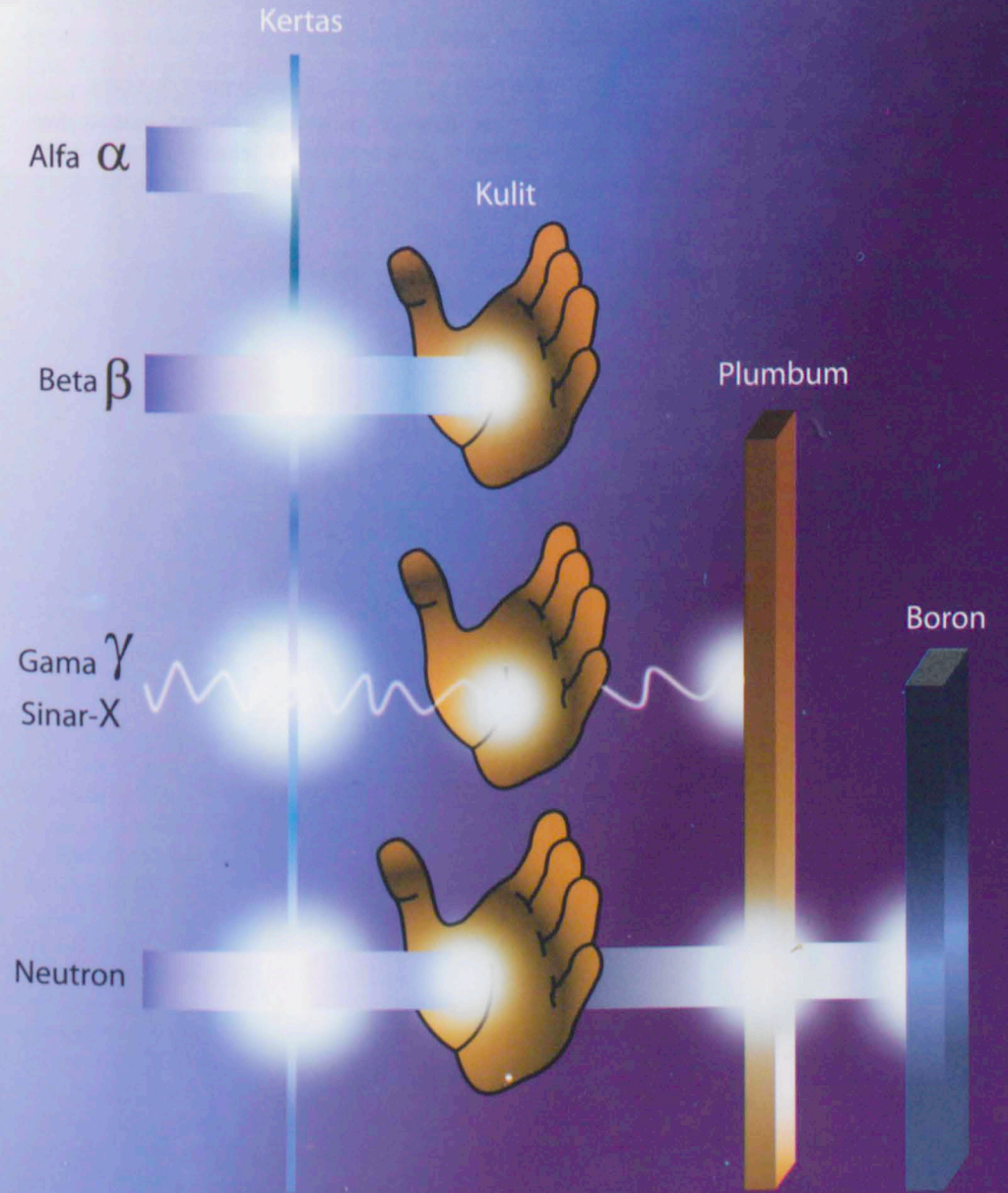
**SINARAN GAMA** adalah sinaran elektromagnet. Ia dikeluarkan oleh unsur radioaktif seperti Cobalt-60, yang digunakan untuk rawatan kanser. Sinaran gama mempunyai kuasa penembusan sangat tinggi. Secara amnya, sinaran ini boleh menembusi tubuh manusia, tetapi ia dapat diserap sepenuhnya oleh konkrit setebal satu meter.



**SINAR-X** adalah sinaran elektromagnet yang digunakan dengan meluas di hospital-hospital. Ia mempunyai kuasa penembusan terhad dan boleh disekat dengan menggunakan plumbum. Kebiasaannya, dalam pemeriksaan perubatan dan pergigian, sasaran tungsten ditembak dengan elektron bertenaga tinggi untuk menghasilkan sinar-X, yang kemudiannya difokuskan ke bahagian yang diperiksa. Televisyen warna yang terdapat di rumah kita, turut mengeluarkan sinar-X yang lembut, tetapi ianya telah dilindungi dengan kaca khas yang bertindak untuk mengurangkan bahaya dedahan sinaran.

**NEUTRON** adalah zarah berat yang tidak bercas pada nukleus disetiap atom, kecuali atom hidrogen. Neutron dibebaskan daripada atom melalui proses seperti belahan atom uranium di dalam reaktor nuklear. Neutron mempunyai kuasa penembusan yang tinggi dan julat tenaga yang besar. Walau bagaimanapun air (di dalam reaktor nuklear) ataupun boron boleh digunakan sebagai perisai yang berkesan untuk menyekat neutron.

# DAYA PENEMBUSAN SINARAN MENGION



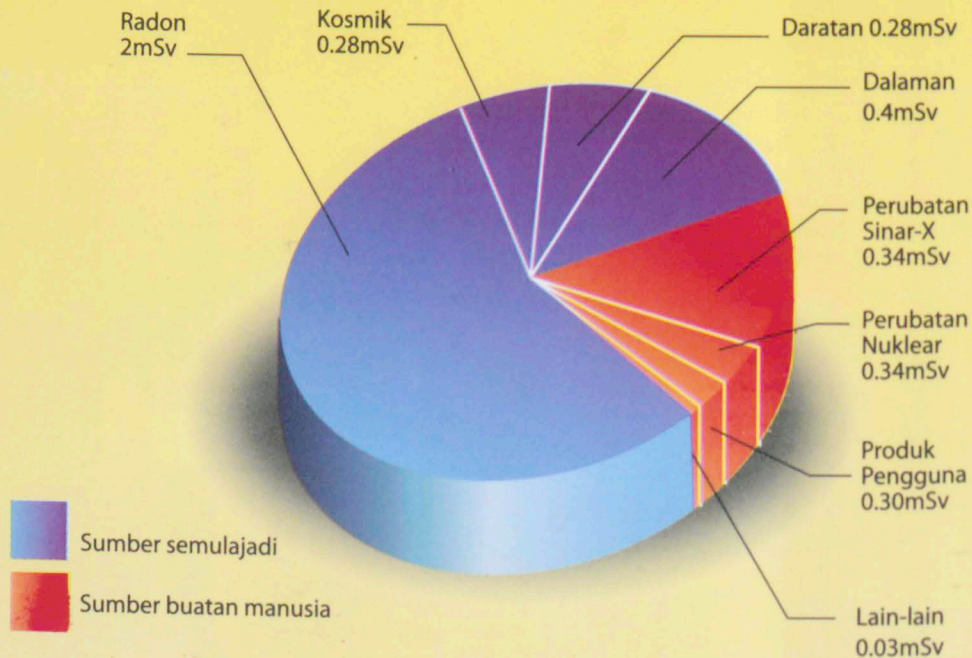
## DOS SINARAN

Dedahan kepada cahaya matahari akan menyebabkan kulit terasa panas. Ini kerana tenaga yang terdapat pada cahaya matahari tersebut telah diserap oleh tubuh kita. Begitu juga dengan sinaran mengion. Apabila terdedah kepada sinaran mengion, tubuh kita juga akan menerima tenaga daripada sinaran tersebut.

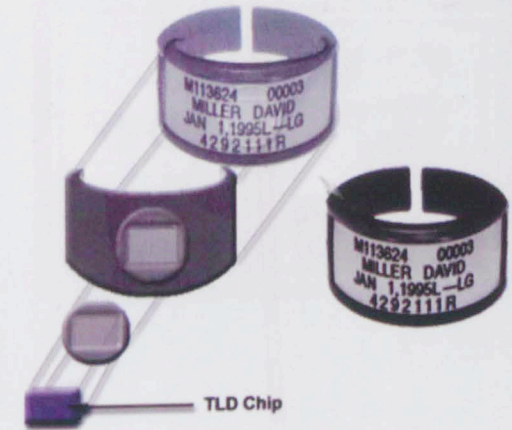
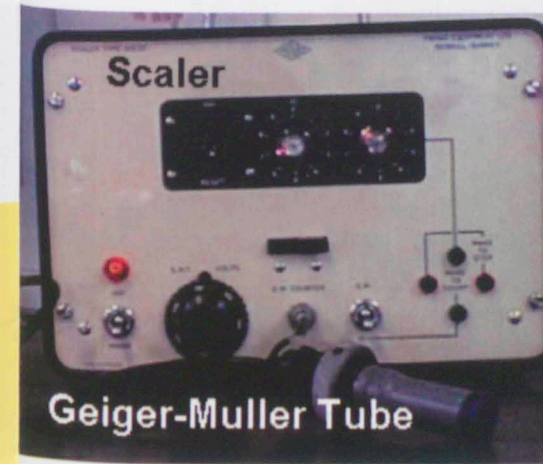
Kita terdedah kepada sinaran mengion daripada punca-punca semulajadi melalui dua cara;

- Dedahan kepada sinaran dari luar tubuh yang datangnya daripada sinaran kosmik dan sinaran daripada unsur-unsur radioaktif semulajadi yang terdapat di sekeliling kita. Sinaran kosmik terdiri daripada zarah bercas yang bertenaga tinggi dan sinaran elektromagnet yang memasuki atmosfera bumi dari angkasa lepas.
- Dedahan sinaran dari dalam tubuh yang datangnya daripada unsur-unsur radioaktif semula jadi yang diserap oleh tubuh melalui makanan, minuman dan udara yang kita sedut setiap hari.

## PUNCA DAN PURATA DOS TAHUNAN SINARAN



Sinaran mengion tidak boleh dikesan secara langsung menggunakan pancaindera manusia. Ia hanya boleh dikesan dan diukur dengan menggunakan alat-alat tertentu. Antara peralatan yang dibangunkan ialah film fotografi (*photographic films*), tiub Geiger-Müller (*Geiger-Müller tube*) dan kaunter pembilang (*scintillation counter*), serta teknik terkini berasaskan bahan termopendarca-haya (*thermoluminescent materials*) and diod silikon (*silicone diodes*). Oleh yang demikian, jumlah tenaga dari sinaran yang terserap ke tubuh atau mana-mana bahagian tubuh dapat diukur bacaannya. Ketika pengukuran secara langsung tidak boleh dilakukan, contohnya apabila suatu radionuklid terserap ke organ dalam badan, dos dapat dihitung melalui jumlah aktiviti yang didepositkan dan masih berada pada organ tersebut.



Contoh Alat Pengesan Sinaran

Jumlah tenaga yang didepositkan oleh sinaran mengion ke tubuh manusia dipanggil dos serap (*absorbed dose*). Unit jisimnya dikenali sebagai gray (Gy), yang mana 1 gray bersamaan satu joule per kilogram. Unit kecil bagi gray dikenali sebagai milligray (mGy), iaitu satu per seribu gray. Perkataan gray adalah berasal dari nama ahli fizik Inggeris, Harold Gray.

Jenis sinaran mengion yang terhasil adalah berbeza-beza, mengikut interaksi sinaran dengan sifat biologi sesuatu bahan yang ditemuinya. Dos serap setara (dua jenis bahan berbeza tetapi mempunyai jumlah tenaga tersimpan yang sama nilai), tidak semestinya akan memiliki kesan biologi serupa. Contohnya, 1 Gy yang dibebaskan oleh sinaran alfa adalah lebih berbahaya dari 1 Gy dari sinaran beta. Ini kerana partikel alfa yang bergerak lebih perlahan dan bercas berat akan kehilangan lebih banyak, di sepanjang perjalanannya.

### Dos Serap (*absorbed dose*):

Tenaga yang diberi oleh sinaran mengion kepada sesuatu unit jisim bahan sasaran. Jisim unit dikenali sebagai gray (GY)

### Dos Setara (*equivalent dose*):

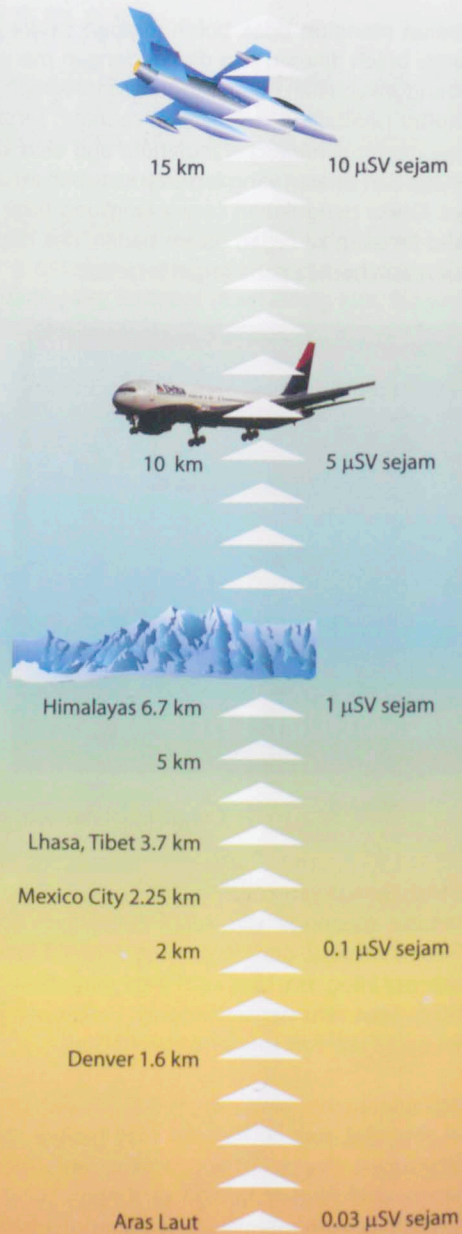
Jumlah nilai tenaga bagi setiap jenis sinaran mengion

Pengukuran semua jenis sinaran mengion yang mempunyai nilai setara, tetapi potensi bahaya berbeza memerlukan unit ukuran yang lain dipanggil dos setara yang dinyatakan dalam unit 'sievert' (Sv). Satu Sv bersamaan satu joule tenaga yang diserap oleh setiap kilogram jisim. Sievert berasal dari nama ahli fizik Sweden, Rolf Sievert, adalah unit besar, dan lazimnya dos sinaran dinyatakan dalam milisievert (mSv), iaitu satu per seribu sievert.

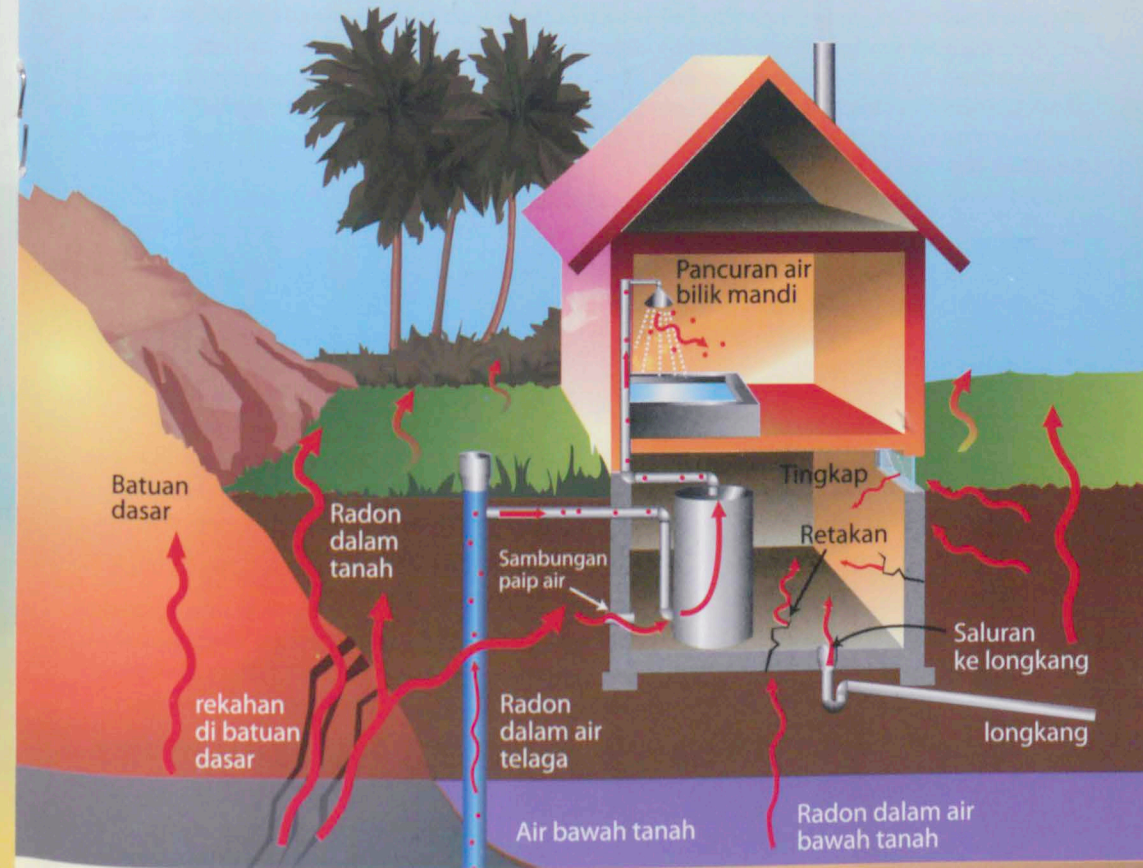


Harold Gray (1905-1965) Rolf Sievert (1896-1966)  
Saintis

Secara purata, dedahan sinaran yang kita terima daripada punca-punca semula jadi adalah dua mSv setahun. Nilai ini sebenarnya berbeza mengikut kawasan, bergantung kepada lokasi muka bumi; penduduk di kawasan Quito dan La Paz di Andes, Denver di Pergunungan Rocky dan Lhasa di banjaran Himalaya menerima dos tahunan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan mereka yang tinggal hampir dengan aras laut. Rumah kediaman yang diperbuat sama ada daripada batu, konkrit ataupun kayu menghasilkan bahan radioaktif yang berbeza mengikut jenis bahan binaannya. Ini kerana, selain daripada dedahan sinaran secara langsung, bahan binaan juga membebaskan gas radioaktif radon. Sistem pengudaraan rumah yang tidak baik terutamanya jika tingkap sentiasa tertutup, boleh meninggikan nilai dos gas radon dalam udara rumah.



## BAGAIMANA RADON MASUK KE DALAM RUMAH?



Dedahan kepada sinaran kosmik pula banyak bergantung kepada garis lintang bumi dan hanya sedikit daripada garis bujur. Mereka yang sering menggunakan perjalanan udara akan memperoleh nilai dedahan sinaran kosmik yang tinggi bagi dirinya.

Sebagai tambahan, kita juga terdedah kepada sinaran daripada punca-punca seperti sinar-X yang digunakan dalam pergigian dan perubatan, teknik nuklear bagi kegunaan dalam industri, jam-jam yang mengandungi radium atau tritium sebagai bahan pendarfluor, televisyen dan barang-barang lain yang kita selalu digunakan dalam kehidupan seharian.



## PERLINDUNGAN SINARAN

Sejak sinaran digunakan secara meluas dalam perubatan seperti penggunaan mesin sinar-X, keselamatan perlindungan sinaran telah menjadi satu keperluan, untuk mengelakkan pesakit daripada menerima dos sinaran yang boleh memberikan kesan sampingan. Pada tahun 1926, Suruhanjaya Antarabangsa Perlindungan Radiologi (*International Commission on Radiological Protection*) atau ICRP telah ditubuhkan bagi mengesyorkan dos sinaran maksimum yang dibenar untuk didedahkan kepada manusia. Sejak itu, kebanyakan kerajaan dan badan-badan antarabangsa menerima syor daripada ICRP ini sebagai rujukan kepada aktiviti-aktiviti nuklear di dalam negara masing-masing.

Falsafah perlindungan sinaran oleh ICRP ini dibuat berasaskan kepada prinsip-prinsip berikut:

- Setiap punca dedahan mestilah memberi manfaat,
- Setiap dedahan yang diperlukan mestilah rendah dan munasabah dengan mengambil kira perlindungan sinaran yang optimis, dan
- Dos sinaran setara yang diterima oleh setiap individu mestilah tidak melebihi had yang dibenarkan.

## DARIPADA APAKAH KITA PATUT DILINDUNGI?

Dedahan tubuh kepada sinaran yang parasnya 3000-4000 kali ganda dos sinaran latar belakang dalam tempoh masa yang singkat boleh mengakibatkan kematian. Dos sinaran yang kurang daripada nilai tersebut boleh menyebabkan penyakit barah atau barah darah (leukemia). Gejala-gejala ini akan berkurangan mengikut kadar nilai dos sinaran yang diterima. Dos-dos yang berpunca daripada sinaran semula jadi hanya mengakibatkan sebilangan kecil dari kes-kes barah yang dilaporkan.

Sifat yang boleh menyebabkan barah adalah berpunca daripada bahan-bahan kimia atau bahan-bahan lain seperti asbestos, racun serangga dan tikus, serta sebahagian dari kandungan asap rokok. Dedahan kepada sinaran dan bahan kimia boleh menyebabkan kecacatan baka yang mungkin timbul pada keturunan akan datang.

Had dos yang disyorkan oleh ICRP untuk individu terbahagi kepada dua kategori, iaitu pekerja-pekerja yang bekerja secara langsung dengan sinaran (dikenali sebagai pekerja sinaran) dan orang-orang awam. Mengikut prinsip perlindungan sinaran untuk pekerja sinaran, ICRP menganggapkan mereka sedia menerima bahaya pekerjaan tetapi tiada pekerja yang dibenarkan menerima lebih dari 50 mSv setahun. Orang awam pula hadnya dedahan dos adalah 1 mSv.

### Dos Dedahan Tahunan

Pekerja sinaran: >50mSv

Orang Awam : >1mSv

\* Tidak termasuk dos dari amalan perubatan.

Disyorkan oleh : *International Commission on Radiological Protection (ICRP)*

Dalam kedua-dua kes, dos sinaran latar belakang semula jadi dan dos dari amalan perubatan (seperti penggunaan mesin sinar-X dalam rawatan) dikecualikan. Had pendedahan kepada sinaran yang ditetapkan oleh ICRP adalah had maksimum. Namun begitu, lazimnya negara yang menerima syor tersebut menetapkan had maksimum yang lebih rendah daripada yang dicadangkan. Tambahan pula, amalan di industri-industri nuklear amat ketat menyebabkan dos yang diterima oleh orang ramai hanya sebahagian kecil daripada had yang telah ditetapkan.

Pihak ICRP juga bersetuju bahawa sinaran boleh mendatangkan gejala buruk kepada kesihatan. Namun begitu, ia bergantung kepada jumlah dos yang diterima. Dos sinaran rendah boleh mengakibatkan kecacatan kepada tisu-tisu tubuh kita. Walau bagaimanapun, tubuh manusia mempunyai keupayaan untuk membaiki kecacatan ini. Isu sama ada dos sinaran rendah memberikan kesan kepada tubuh kita masih hangat dibincangkan dan dikaji sehingga kini.

## PERANAN AGENSI TENAGA ATOM ANTARABANGSA (IAEA)

IAEA adalah sebuah badan antarabangsa bebas, yang berperanan untuk mengiatkan dan mengembangkan sumbangan tenaga atom kepada keamanan, kesihatan dan kemakmuran di seluruh dunia. Mandat ini meliputi tanggungjawab untuk melindungi manusia dan alam sekitar daripada bahaya sinaran mengion. Sejak penubuhannya pada tahun 1957, IAEA telah menegaskan faktor keselamatan sebagai isu yang penting. Ini menjadi keutamaan dalam setiap aktiviti IAEA, umpamanya program yang berkaitan dengan sinaran dan kesihatan manusia, standard keselamatan asas untuk perlindungan sinaran, pengendalian sinaran dan bahan radioaktif dengan selamat, pengawalan alam sekitar, undang-undang pengangkutan bahan-bahan radioaktif dan latihan dalam perlindungan sinaran.

IAEA, dengan bantuan kepakaran Pertubuhan Kesihatan Sedunia (WHO), Pertubuhan Buruh Antarabangsa (ILO) dan badan-badan lain, telah mengeluarkan Piawaian Keselamatan Asas Perlindungan Sinaran sebagai rujukan kepada undang-undang kebangsaan untuk semua negara.



Ibu Pejabat IAEA,  
Vienna, Austria

## FAEDAH-FAEDAH SINARAN

Dalam masa 20 hingga 30 tahun kebelakangan ini, aplikasi sinaran telah memberikan banyak faedah kepada kehidupan manusia. Umpamanya, radioisotop dan sinaran digunakan untuk pensterilan peralatan perubatan, meninggikan mutu awet bahan makanan (contoh: bawang, ubi kentang). Radioisotop dan sinaran terawal juga digunakan di dalam bidang-bidang industri, perubatan, pertanian, hidrologi dan penyelidikan sains.

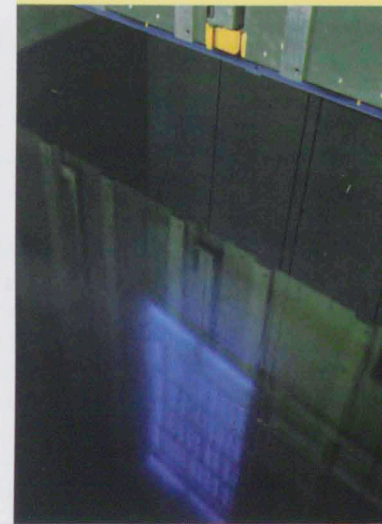
Faedah-faedah ini selalunya tidak langsung atau jarang disedari oleh orang ramai. Biasanya masyarakat umum hanya didedahkan dengan bahaya-bahaya sinaran sahaja. Tetapi sekiranya kejayaan diagnosis dan rawatan perubatan nuklear diambil kira dalam menyelamatkan nyawa dan meningkatkan kesihatan pesakit, penilaian orang ramai terhadap penggunaan sinaran sepatutnya bertukar menjadi positif. Sumbangan sinaran untuk rawatan barah tertentu adalah besar. Ketumbuhan pada tisu-tisu yang sukar diatasi dengan kaedah lain, dapat dihentikan atau dihapuskan dengan menggunakan sinaran.

Radioisotop memainkan peranan penting dalam beberapa cara penentuan punca penyakit. Melalui peralatan penggambaran yang lebih lengkap dan berkomputer, radioisotop boleh digunakan untuk menilai keadaan dan pergerakan organ-organ di dalam tubuh seperti jantung, paru-paru, otak, hati dan buah pinggang. Tanpa radioisotop, penilaian ini akan menjadi amat sukar atau tidak dapat dibuat langsung.



Penggunaan sinaran dalam pensterilan bahan perubatan sangat meluas; contohnya, untuk pembalut dan benang bagi pembedahan, kateter, organ-organ palsu, alat penyuntik dan lain-lain lagi. Proses penyinaran tidak meninggalkan sisa berbahaya, berbanding penggunaan bahan kimia atau gas. Tambahan pula, pancaran gama dapat menembusi pembungkus produk, oleh itu bahan-bahan yang hendak disterilasi boleh terus disimpan dalam bekas kedap udara sebelum menjalani proses nyahkuman. Proses ini adalah proses sejuk dan sesuai untuk bahan-bahan yang sensitif terhadap haba seperti plastik (contohnya, injap jantung) dan adalah satu-satunya cara pembersihan untuk bahan farmaseutikal yang sensitif terhadap haba seperti produk serbuk, ubat sapuan dan larutan.

Kemudahan penyinaran gamma ►



Antara Produk-produk farmasiutikal

Selain daripada itu, sejarah keselamatan tenaga nuklear untuk perindustrian amat menggalakkan. Bahan radioaktif semakin lama semakin luput keaktifan serta bahayanya, tidak seperti bahan racun bukan radioaktif, seperti arsenik yang tetap berbahaya selama-lamanya.

# BAHAYA-BAHAYA SINARAN

Masyarakat kini lebih menyedari kemungkinan bahaya sinaran berbanding dengan mereka yang terdahulu. Ini kerana kesedaran yang lebih tinggi, penggunaan sains dan teknologi yang meluas dan penyebaran berita yang sangat cepat.

Bencana dunia seperti tumpahan jutaan gelen minyak yang mencemarkan pantai atau ratusan kematian dalam kemalangan udara menyebabkan masyarakat lebih berhati-hati. Malah dalam kurun ke-14, *Black Death* telah menyebabkan kematian lebih 25 juta manusia dan *Great Plague* (1665) telah meragut nyawa 20% penduduk London. Pada tahun 1918, demam influenza telah merebak dan membunuh 20 juta manusia. Bencana yang terjadi membuat kita sedar tentang bahaya yang melanda di negara lain melalui kemajuan teknologi maklumat.

Bahaya yang berpunca dari sinaran menguasai sebahagian besar perhatian umum. Walau bagaimanapun, tanpa kita sedari, kawalan dan peraturan keselamatan penggunaan bahan-bahan radioaktif adalah lebih ketat dari bahan-bahan berbahaya yang lain. Pencemaran dan bahaya yang disebabkan oleh penggunaan punca-punca tenaga bukan nuklear lazimnya kurang diberi perhatian. Sebagai contoh, loji kuasa minyak dan arang batu mengeluarkan sulfur dioksida (sebanyak 20,000 atau 30,000 tan setahun bagi setiap loji yang besar), nitrogen oksida dan juga bahan radioaktif (hasil daripada pembakaran arang batu yang mengandungi bahan radioaktif semula jadi).

Dari segi takat bahaya (maut), pengeluaran bahan radioaktif dari loji kuasa nuklear adalah 100 kali LEBIH RENDAH berbanding pengeluaran sulfur dioksida dari loji kuasa minyak atau arang batu. Penilaian ini adalah dari sudut pencemaran udara sahaja, kerana kebiasaannya faktor pencemaran udara adalah satu faktor utama yang perlu dinilai dan diambil kira ketika menentukan buruk baiknya tiap-tiap punca tenaga yang dihasilkan.

## SUMBER INFO

Sinaran Satu Kenyataan Hidup.  
Unit Tenaga Nuklear (2000)

Radiation, People and the Environment.  
IAEA/PI/A.75/04-00391.IAEA, Vienna (2004)





April 2010

Bahagian Pengurusan Maklumat  
Agensi Nuklear Malaysia  
43 000 KAJANG, Selangor  
Tel : 03-89250510  
Faks : 03-89282945