



i-NUKLEAR

ILMU . IDEA . INFORMASI



**TEKNOLOGI NUKLEAR
MENINGKATKAN KUALITI
PERUBATAN NEGARA**



Sejarah

Sejarah agensi bermula pada 11 November 1971 apabila satu jawatankuasa yang dikenali sebagai Pusat Penyelidikan dan Aplikasi Tenaga Nuklear (CRANE) ditubuhkan, bagi mengkaji kemungkinan Malaysia menceburi bidang teknologi nuklear. Usul ini telah diterima dan diluluskan dalam mesyuarat Jemaah Menteri pada 19 September 1972 yang menyokong cadangan terhadap keperluan Malaysia menubuhkan pusat penggunaan dan penyelidikan teknologi nuklear. Pada Ogos 1973, Jawatankuasa Perancangan Pembangunan Negara mencadangkan untuk menamakan pusat ini sebagai Pusat Penyelidikan Atom Tun Ismail (PUSPATI) dan telah diiktiraf sebagai pusat kebangsaan.

PUSPATI telah diletakkan di bawah Kementerian Sains, Teknologi dan Alam Sekitar (MOSTE). Tahun 1983 merupakan detik penting bagi agensi apabila diberikan identiti baru iaitu Unit Tenaga Nuklear (UTN). Serentak dengan itu, UTN telah dipindahkan dari MOSTE ke Jabatan Perdana Menteri (JPM). Ini memberi impak yang besar kepada peranan agensi kerana buat pertama kalinya aktiviti nuklear yang melibatkan perancangan polisi negara dan kegiatan operasi nuklear disatukan di bawah naungan JPM. Namun pada 27 Oktober 1990, UTN telah dipindahkan semula ke MOSTE. Jemaah Menteri

dalam mesyuaratnya pada 10 Ogos 1994, telah meluluskan pertukaran nama UTN kepada Institut Penyelidikan Teknologi Nuklear Malaysia (MINT).

Logo baru juga telah diperkenalkan pada 22 Oktober 2009 ketika Hari Pelanggan MINT, yang juga julung kali diadakan. Bagi memberi arah hala yang lebih jelas, isi MINT diperkemas kepada mempertingkatkan pembangunan dan daya saing ekonomi negara melalui kecemerlangan dalam teknologi nuklear. Pada 13 April 2005 sekali lagi agensi mengalami perubahan entiti apabila digazet dengan nama baru iaitu Agensi Nuklear Malaysia (Nuklear Malaysia). Kini Nuklear Malaysia terus melebarkan sayap dalam mengembangkan R, D & C bagi menyokong aspirasi negara.

Peranan

Nuklear Malaysia adalah sebuah agensi di bawah Kementerian Tenaga, Sains, Teknologi, Alam Sekitar & Perubahan Iklim (MESTECC). Nuklear Malaysia juga adalah agensi peneraju penyelidikan dan pembangunan (R&D) sains dan teknologi nuklear bagi pembangunan sosioekonomi negara. Semenjak penubuhannya, Nuklear Malaysia telah diamanahkan dengan tanggungjawab untuk memperkenalkan dan mempromosi sains dan teknologi nuklear kepada masyarakat, sekaligus menyemai minat dan menyedarkan orang awam akan kepentingan teknologi nuklear dalam kehidupan. Hingga ke hari ini, Nuklear Malaysia kekal penting sebagai sebuah organisasi yang mantap dalam bidang saintifik, teknologi dan inovasi.

Pencapaian cemerlang Nuklear Malaysia adalah bersandarkan pengalaman 47 tahun dalam pelbagai pembangunan S&T nuklear, serta 37 tahun dalam pengendalian reaktor penyelidikan yang bebas kemalangan radiologi dan bersih alam sekitar. Selain itu, hasil R&D yang berpotensi turut diketengahkan ke pasaran sebagai usaha memanfaatkan penemuan inovasi saintifik kepada rakyat dan ekonomi Malaysia. Nuklear Malaysia juga sentiasa memastikan perkhidmatan yang diberikan adalah berkualiti dan bertaraf antarabangsa dalam kelasnya. Kemampuan ini adalah berdasarkan latihan dan disiplin tenaga kerja profesional, infrastruktur, kejuruteraan serta makmal penyelidikan yang lengkap.

Posisi Nuklear Malaysia sebagai pusat penyelidikan unggul telah diiktiraf dan dicontohi oleh agensi-agensi nuklear dari negara-negara jiran, malahan dijadikan model dalam merangka pelan pelaksanaan pembangunan S&T nuklear masing-masing, terutamanya aspek pemindahan dan pengkomersilan teknologi.

PENAUNG

Dr. Mohd. Abd. Wahab bin Yusof

EDITOR KANAN

Habibah binti Adnan

EDITOR

Normazlin binti Ismail

PENYELARAS

Nor Azlina binti Nordin

PENULIS

Siti Selina Abdul Hamid
Dr Azahari Kasbollah
Wan Anuar Wan Awang
Mohamed Zaffar Ali
Rahimah Abdul Rahim
Muhammad Hanaffi Mohamad Mokhtar
Daryl Jesus Aropoc
Azfar Hanif Abd Aziz
Noraishah Mohd Yusof
Dr Mohd Rodzli Ali

PEREKA GRAFIK

Norhidayah binti Jait

JURUFOTO

Nor Hasimah binti Hashim

DITERBITKAN OLEH:

Unit Penerbitan
Bahagian Pengurusan Maklumat
Agensi Nuklear Malaysia
Bangi, 43000 Kajang,
Selangor Darul Ehsan.

hak cipta terpelihara

Mana-mana bahagian penerbitan ini tidak boleh dikeluarkan ulang, disimpan dalam sistem dapat kembali, atau disiarkan dalam apa-apa jua cara, sama ada secara elektronik, fotokopi, mekanik, rakaman atau lain-lain, sebelum mendapat izin bertulis daripada Penerbit. Sidang Editor berhak melakukan penyuntingan ke atas tulisan yang diterima selagi tidak mengubah isinya. Karya yang disiarkan tidak semestinya mencerminkan pendapat dan pendirian Agensi Nuklear Malaysia.

isi kandungan i-NUKLEAR

2 Tinta Ketua Pengarah & Dari Meja Editor

3-5 Kapsul Radioiodin (I-131) Untuk Rawatan Kanser Tiroid

6-7 Pengeluaran Radioisotop Dan Keselamatan Sinaran

8-10 Kawalan Mutu Kimia/ Radiokimia

11-16 Zebrfish Sebagai Organisma Model

17-21 Ujian Kawalan Mutu Mikrobiologi

22-24 Biodosimetri

t i n t a

ketua pengarah

Aplikasi teknologi nuklear dalam perubatan adalah khusus melibatkan penggunaan bahan radioaktif untuk mengesan dan merawat penyakit. Penglibatan Nuklear Malaysia dalam bidang perubatan nuklear telah berkembang pesat selari dengan kemajuan teknologi perubatan dan cabaran kesihatan masyarakat. Pengeluaran produk isotop dan radiofarmaseutikal yang dihasilkan oleh Nuklear Malaysia telah melalui kawalan mutu yang tinggi bagi memastikan produk dihasilkan berkualiti dan selamat untuk digunakan. Kerjasama erat yang terjalin di antara Nuklear Malaysia dan rakan strategiknya diharap akan terus diperkukuhkan terutamanya dalam bidang penyelidikan dan inovasi perubatan di peringkat kebangsaan atau antarabangsa. Ini penting bagi menjamin *output* penyelidikan Nuklear Malaysia dalam bidang perubatan dapat dimanfaatkan oleh masyarakat dan negara.

Dr. Mohd. Abd. Wahab bin Yusof
Ketua Pengarah
Agensi Nuklear Malaysia



KAPSUL RADIOIODIN (I-131) UNTUK RAWATAN KANSER TIROID

Siti Selina Abdul Hamid, Azahari Kasbollah, Wan Anuar Wan Awang

Iodin, salah satu unsur semula jadi yang banyak terdapat dalam makanan laut dan amat berguna dalam bidang perubatan. Radioiodin (I-131), satu bahan khusus iodine yang mengeluarkan sinaran yang berguna untuk merawat kelenjar tiroid yang terlalu aktif.

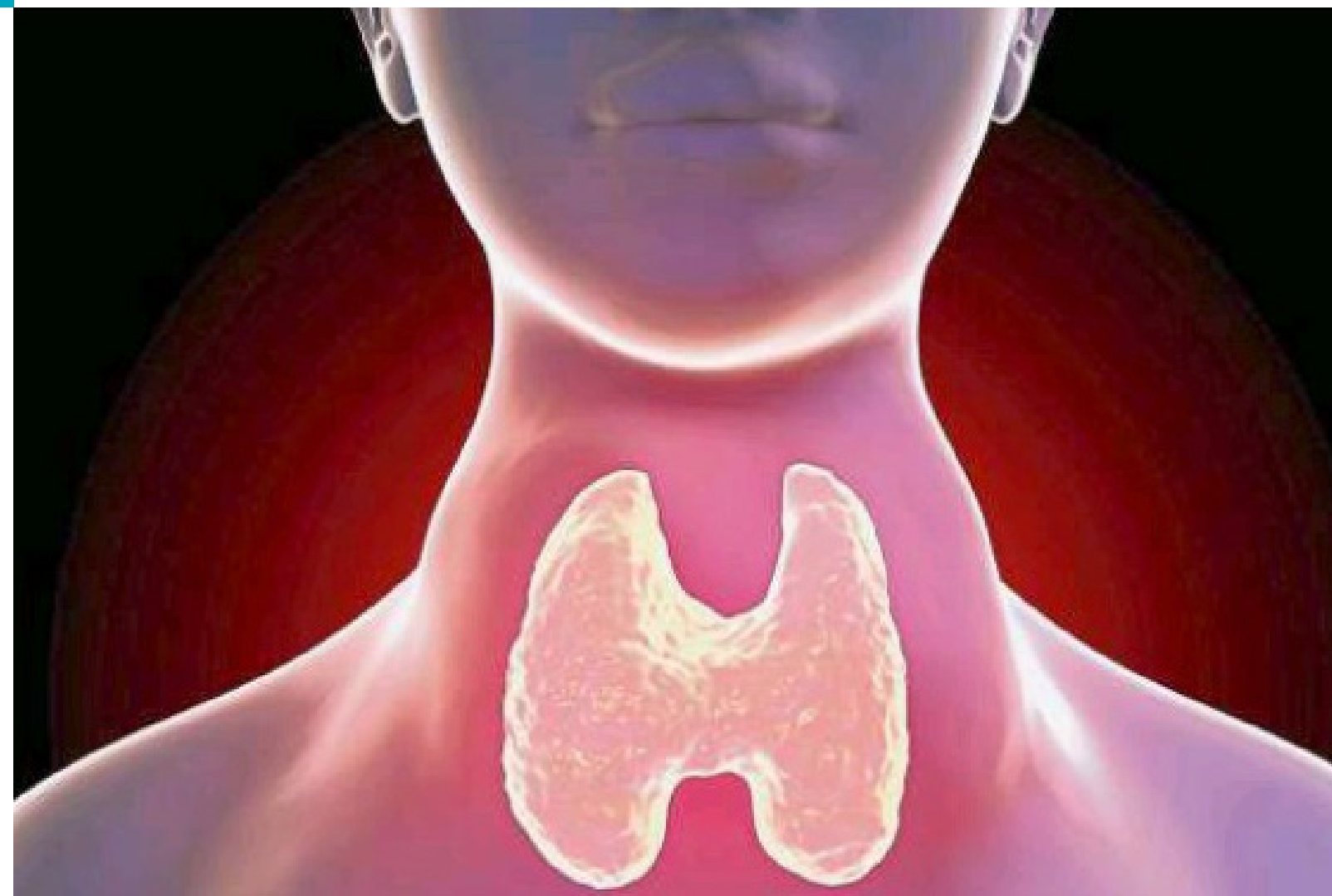
Kelenjar tiroid yang berbentuk rama-rama terletak di hadapan salur pernafasan di leher. Fungsinya adalah untuk menghasilkan hormon yang mengawal selia semua fungsi badan. Tiroid yang sihat bersaiz kecil, tetapi apabila terlalu aktif tiroid akan membesar dan dipanggil goiter.

d a r i

meja editor

Perubatan nuklear dan kanser adalah begitu sinonim. Manakan tidak, melalui perubatan nuklear para pegawai perubatan dapat mengenal pasti kanser yang dihidapi oleh pesakit. Teknologi nuklear meningkatkan kualiti perubatan negara bukanlah sekadar ungkapan kosong tetapi benar-benar memberi perubahan kepada landskap perubatan negara kita serta menjimatkan kos. Para pembaca budiman sekalian, edisi sulung i-Nuklear bakal mendedahkan para pembaca untuk mengenali kapsul radioiodin-131 (I-131) untuk rawatan kanser tiroid; pengeluaran radioisotop dan keselamatan sinaran; kawalan mutu kimia/radiokimia dalam penghasilan produk; dan penggunaan zebrafish sebagai organisma model.

Habibah binti Adnan
Pengarah
Bahagian Pengurusan Maklumat



Hipertiroidisma berlaku apabila tiroid menghasilkan terlalu banyak hormon tiroid. Dua jenis hormon yang dihasilkan oleh kelenjar tiroid adalah tri-iodothyronine (T3) dan tiroksin (tiroksina) (T4) di mana T3 adalah hormon yang aktif. Simptom tiroid yang terlalu aktif termasuk degupan jantung yang cepat atau tidak teratur, peluh berlebihan, kehilangan berat badan, kegelisahan dan kerengsaan. Tiga rawatan yang sedia ada untuk hipertiroid adalah melalui ubatan, penggunaan bahan radioaktif iodine dan pembedahan.

Ubat anti-tiroid pada umumnya membawa tahap hormon tiroid ke tahap normal dan mengurangkan gejala hipertiroid. Walau bagaimanapun, akibat kesan sampingan seperti kerosakan hati, penggunaan ubat bukan satu penyelesaian jangka panjang. Pilihan rawatan lain adalah sama ada penggunaan radioaktif iodine atau pembedahan.

Radioiodine adalah bentuk radioaktif kepada unsur iodine. Terdapat beberapa isotop radioaktif iodine iaitu I-131, I-123, I-124 dan I-125, namun I-131 paling banyak digunakan di hospital. Ia boleh didapati dalam dua bentuk iaitu larutan dan kapsul.

Radioaktif I-131 menyusut diikuti dengan pembebasan sinar beta dan sinar gama dengan separuh hayat fizikal sebanyak 8.04 hari. Apabila zarah beta I-131 dilepaskan dalam sel tiroid, ia bergerak pada kadar purata 0.8 mm sebelum tenaga diserap sepenuhnya oleh tiroid. Kelenjar tiroid menerima dos terserap yang paling tinggi.

Bagaimanakah radioiodine berfungsi?

Fisiologi asas terapi radioiodine adalah I-131 tertumpu pada kelenjar tiroid dengan cara yang sama seperti iodine biasa. Selepas itu zarah beta akan memusnahkan sel-sel kanser dan sel-sel tiroid yang lain dan seterusnya mengurangkan saiz tiroid. Dos sinaran yang rendah mampu menyekat penghasilan hormon tiroid secara berlebihan.

Walaupun I-131 adalah pemancar zarah beta dengan tenaga 192 KeV, pelepasan sinar gama yang bertenaga 364 KeV, membolehkan para doktor untuk melihat kelenjar tiroid menggunakan kamera gama. Sinaran gama yang dipancarkan oleh radioiodine membantu mengesan jika kanser telah merebak ke bahagian lain di dalam badan pesakit.

Bahan aktif radioiodine adalah natrium iodida. Bahan ini secara amnya diberikan secara oral dalam bentuk cecair di Malaysia. Selain daripada itu, ia juga boleh didapati dalam bentuk kapsul. Apabila radioiodine diberikan secara oral sebagai ion iodida, ia mudah diserap dari saluran gastrointestinal dan diedarkan dalam cecair ekstraselular. Sebahagian akan tertumpu pada kelenjar liur, tiroid, dan mukosa gastrik, manakala yang selebihnya akan dikumuhkan dari badan melalui peluh dan air kencing. Radioiodine dalam bentuk natrium iodida (NaI) atau kapsul radioiodida diserap ke dalam pepejal di-sodium hidrogen fosfat anhidrat, yang terdapat di dalam kapsul bovine. Walaupun meletakkan sesuatu bahan radioaktif ke dalam tubuh badan mungkin kedengaran menakutkan, kaedah rawatan iodine telah terbukti selamat dan berkesan. Selama lebih daripada 60 tahun, penggunaan bahan radioaktif I-131 secara oral telah menjadi prosedur yang diiktiraf baik dari segi rawatan atau untuk menilai sesuatu penyakit tiroid yang menyerang tubuh pesakit.

Dos sinaran yang diberikan untuk setiap pesakit ditetapkan oleh ahli fizik nuklear. Dos yang diberi bergantung kepada banyak faktor seperti saiz tumor, lokasi dan tahap penyakit. Kedua-dua larutan radioiodine dan kapsul akan diberikan dalam bekas khas yang dilindungi di mana larutan radioiodine adalah cecair yang jernih, tidak berwarna, tidak berbau dan tidak mempunyai rasa.



Radioiodine (I-131) telah digunakan secara meluas di pusat-pusat perubatan nuklear dan aplikasinya sangat bermanfaat untuk pesakit tiroid. Terapi radioiodine untuk hipertiroidisma digunakan secara ketara dan lebih kerap di Amerika Syarikat berbanding dengan Asia.

Nuklear Malaysia menjalankan penyelidikan saintifik dan pengeluaran radioisotop untuk aplikasi dalam bidang perubatan nuklear, industri dan sains. Pada masa ini, Nuklear Malaysia sedang menjalani proses untuk mendapatkan pensijilan GMP bagi pembuatan kapsul radioiodine (I-131).

Radioisotop I-131 yang tiba di Nuklear Malaysia adalah dalam bentuk larutan pual yang dimasukkan ke dalam bekas plumbum. Botol (vial) yang mengandungi bahan radioaktif I-131 dikeluarkan dari bekas plumbum dan dimasukkan ke dalam troli pemindahan khas sebelum dipindahkan ke dalam sel aktif I-131 seterusnya ke dalam kapsul untuk dijadikan kapsul I-31. Jumlah I-131 yang diperlukan akan ditentukan mengikut permintaan oleh hospital.



Pengeluaran Radioisotop dan Keselamatan Sinaran:

Mohamed Zaffar Ali

Nuklear Malaysia melalui Bahagian Teknologi Perubatan (BTP) diberikan tanggungjawab untuk pembangunan radioisotop bagi tujuan perubatan dan kegunaan industri. Dalam kerancangan aktiviti, aspek keselamatan juga wajib dititikberatkan bagi memastikan tiada kemalangan berlaku yang pastinya akan merugikan banyak pihak. Justeru, perlunya penekanan terhadap kualiti penyelidikan, pembangunan dan perkhidmatan melalui kecekapan tenaga kerja serta pengurusan yang aktif.

Etika Pengeluaran:

Pengeluaran radioisotop untuk keperluan perubatan/industri adalah memerlukan pemeriksaan dan kawalan yang rapi. Oleh itu, aspek-aspek asas kawalan pengeluaran tersebut secara amnya adalah sebagai berikut:

- Kawalan kakitangan (*Personnel control*)
- Kawalan Persekitaran (*Environmental control*)
- Kawalan Pembuatan (*Manufacturing control*)
- Kawalan Mutu (*Quality control*)



Perlindungan Sinaran:

Sumber sinaran di BTP terdiri daripada “sealed source”: Ir-192 dan “unsealed source”: I-131, Sm-153, Tc-99m, serta isotop lain. Maka, perlindungan terhadap kakitangan dan persekitaran perlu dititik beratkan.



“Bahan radioaktif adalah selamat untuk dikendalikan dengan memahami konsep asas sinaran, penggunaan perisai, pengoptimuman masa, jarak selamat, penggiliran pekerja serta pemantauan yang ketat oleh penyelia bertugas”

Bahaya Sinaran:

Radioisotop jika tidak dikendalikan dengan baik boleh mendatangkan mudarat kepada personel yang terlibat. Penggunaan bahan radioaktif dalam bentuk cecair yang mudah meruap berisiko tinggi untuk dedahan melalui luaran mahupun dalaman. Bagaimanapun ia bergantung sebanyak manakah kita terdedah kepada sinaran tersebut. Penggunaan Peralatan Perlindungan Diri (*Personal Protective Equipments - PPE*) bersesuaian, sel aktif dan sistem ventilasi yang baik dapat mengurangkan risiko tersebut.



Penerapan Budaya:

“Budaya kerja” yang baik memerlukan kedua-duanya iaitu peraturan yang ditepati serta pemantauan yang berkesan. Nuklear Malaysia menekankan:

- Pengisian borang pemantauan sinaran yang telah diwujudkan
- Penggunaan PPE bersesuaian, alat meter tinjau dan dosimeter peribadi
- Pelaporan sebarang insiden/kemalangan
- “*Personal hygiene*” sebelum dan selepas aktiviti

Kawalan Kualiti Kimia/Radiokimia

Rahimah Abdul Rahim dan Muhammad Hanaffi Mohamad Mokhtar

Setiap produk yang dihasilkan tidak kira dalam apa jua industri perlu ada jaminan kualitinya. Tidak terkecuali produk radioisotop dan radiofarmaseutikal yang dikeluarkan oleh Nuklear Malaysia. Bagi tujuan ini, makmal kawalan mutu kimia/radiokimia ditubuhkan selari dengan penubuhan Jabatan Isotop yang memfokuskan kepada aktiviti pengeluaran radioisotop dan kit farmaseutikal.

Kawalan kualiti produk perlu dijalankan bagi memastikan produk yang dihasilkan berkualiti tinggi dan selamat digunakan oleh pesakit. Antara produk utama yang diuji ialah Sm-153 EDTMP dan Kapsul Iodin-131. Semua ujian yang dilaksanakan adalah mengikut tatacara yang telah ditetapkan di dalam Piawaian Farmakopiea British (BP) dan Farmakopiea Amerika Syarikat (USP).

Ketulenan radiokimia merupakan parameter kualiti yang penting bagi produk radiofarmaseutikal sebelum ia disuntik kepada pesakit. Terdapat beberapa kaedah analisis yang boleh digunakan untuk mengesan dan menentukan jumlah ketulenan radiokimia



dalam sebatian radiofarmasetikal. Kaedah yang paling mudah dan lazim diguna pakai ialah dengan menggunakan kromatografi turus lapisan nipis segera (ITLC). Di makmal, kaedah kromatografi turus lapisan nipis segera - gel silika (ITLC-SG) digunakan kerana ia mudah dan cepat. Pengukuran aktiviti radioaktif serta ketulenan radiokimia untuk setiap jalur lapisan nipis akan dikira menggunakan alat *gamma counter* atau alat pengimbas kromatografi lapisan nipis. Mengikut farmakopoeia ketulenan radiokimia adalah lulus sekiranya nilai bacaan adalah lebih besar dari 95% untuk kapsul Iodin-131 dan lebih besar dari 99% untuk Samarium-153 EDTMP.

Dalam teknologi nuklear, pengenaltastian nuklida radioaktif sama ada bahan ini hadir secara bersendirian atau dalam bentuk campuran adalah sangat penting. Radioaktiviti adalah transformasi



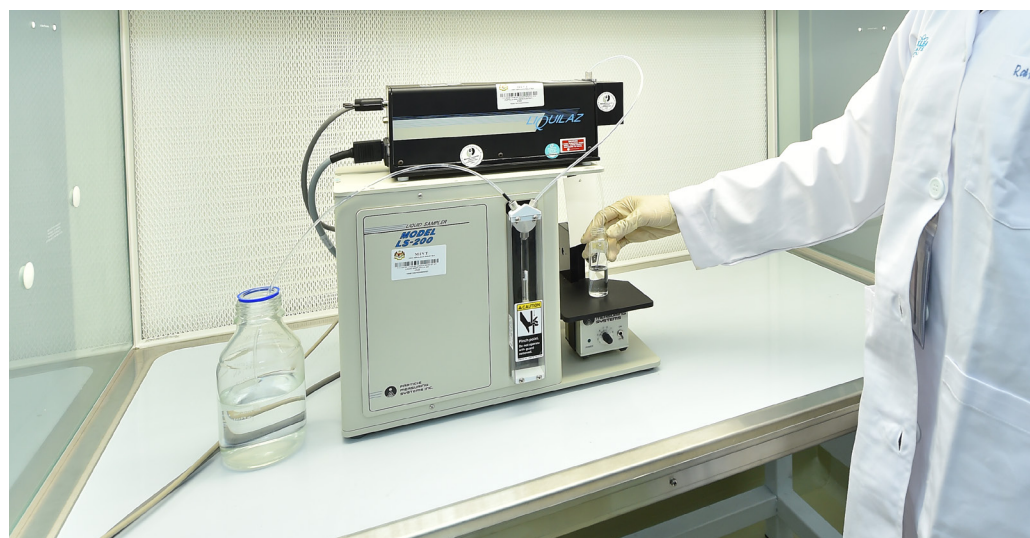
nukleus yang tidak stabil menjadi stabil yang disertai dengan pembebasan tenaga. Proses ini menyebabkan konfigurasi nukleus atom berubah dan pelepasan sinaran mengion. Radionuklida boleh dikenal pasti melalui tiga ciri iaitu jenis sinaran, tenaga sinaran yang dipancarkan dan jangka separuh hayat. Jenis sinaran yang dipancarkan adalah seperti sinaran alfa, sinaran beta positif serta negatif dan sinaran gama. Di makmal, alat gama spektroskopi digunakan untuk mengukur dan mengenal pasti radionuklida sama ada berada dalam keadaan sendiri atau campuran pelbagai isotop. Bagi melaksanakan ujian ini, 10µl larutan radioaktif dimasukkan ke dalam tiub mikro dan seterusnya diletakkan di dalam *detector chamber* alat gama spektroskopi. Spektrum sinar yang terhasil dari radionuklida akan dianalisis dan mempamerkan tenaga puncak utama (*photopeak energy*). Berikut adalah contoh tenaga puncak bagi radioisotop yang dikeluarkan oleh Bahagian Teknologi Perubatan;

- Technetium-99m – 140.5 KeV
- Iodin-131 – 364 KeV
- Samarium-153 – 70 dan 103 Kev

Ujian ketulenan radiokimia dan identifikasi radioisotop ini merupakan ujian utama yang perlu dilaksanakan bagi setiap radioisotop yang dihasilkan bagi memastikan tiada pencemaran berlaku semasa penghasilannya.

Bagi produk radioisotop yang disuntik kepada pesakit, ujian kandungan zarah cecair (*liquid particle count*) perlu dijalankan. Piawaian Farmakopoeia Amerika Syarikat (USP), Farmakopoeia Eropah (EP), dan Farmakopoeia Jepun (JP) menuntut supaya setiap larutan yang disuntik (steril) kepada pesakit perlu dipantau dengan berkesan supaya tiada pencemaran mikro dan kandungan zarah yang tidak larut mengikut had yang ditetapkan. Kepentingan untuk menjalankan ujian kandungan zarah cecair ini adalah untuk mengelak ;

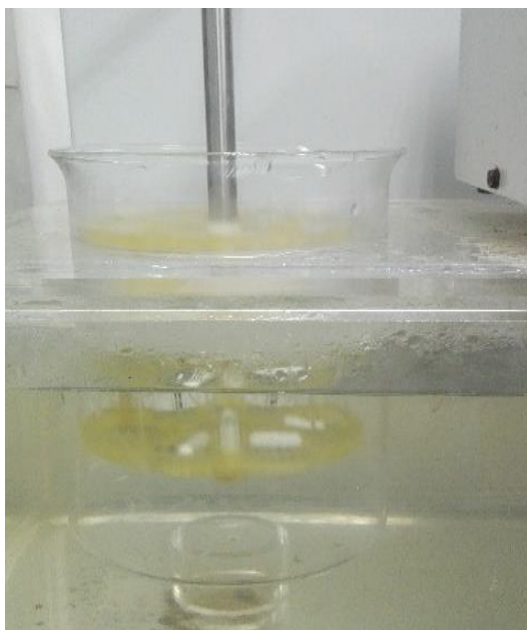
1. Reaksi kimia - di mana kandungan beban zarah secara kimia tidak serasi dengan sistem arteri badan dan boleh meracuni pesakit
2. Aneurisme pulmonari – zarah yang bersaiz besar akan terperangkap dalam sistem arteri dan menyebabkan kesan fisiologi kepada pesakit.
3. Hipertensi – sistem badan akan secara normalnya akan menolak bahan asing (zarah cecair yang bersaiz besar) dengan menggalakkan sistem imun berfungsi secara berlebihan dan seterusnya kesan sekunder terhasil iaitu tekanan darah tinggi.



Pengiraan zarah cecair atau saiz partikel diukur dengan menyinari sampel cecair dengan diod laser dan seterusnya mengesan cahaya yang bertaburan. Ciri-ciri cahaya yang bertaburan ini adalah berkaitan dengan dengan saiz zarah yang terkandung dalam sesuatu larutan. Di makmal, pengiraan saiz partikel dijalankan menggunakan Sistem Sampler APSS 200 (*Liquid Particle Counter*) ke atas larutan radioaktif yang telah mereput (*decay*). Sampel ujian memenuhi keperluan farmakopeia sekiranya jumlah zarah yang dikira dalam setiap sampel yang diuji tidak melebihi spesifikasi, iaitu bagi saiz $\geq 10 \mu\text{m}$: 6000 partikel dan saiz $\geq 25 \mu\text{m}$: 600 partikel dalam setiap bekas.

Selain itu, terdapat juga ujian kimia yang dijalankan iaitu ujian pengecaian kapsul. Iodin-131 yang dikeluarkan Nuklear Malaysia adalah berbentuk kapsul. Kapsul yang digunakan perlu menjalani ujian pengecaian bagi memastikan kapsul ini berkecai apabila pesakit menelannya. Ujian disintegrasi dilakukan untuk mengetahui masa yang diperlukan untuk kapsul berkecai sepenuhnya. Dengan menggunakan alat disintegrasi, 800 ml larutan kalium iodida (KI) dimasukkan ke dalam bikar dan dipanaskan ke suhu

$37 \pm 2^\circ\text{C}$. Sebanyak enam kapsul yang mengandungi hidrogen fosfat disodium anhidrat ($\text{Na}_2\text{P}_2\text{O}_7$) dimasukkan setiapsatu kesetiap lubang dalam rak bakul. Alat dikendalikan dan masa untuk setiap satu kapsul berkecai direkodkan. Mengikut spesifikasi piawaian Farmakopeia British, kapsul perlu berkecai dalam jangka masa kurang dari 15 minit. Kesemua ujian yang dinyatakan di atas dilaksanakan di Makmal Analisa dan Makmal Pembilang, Nuklear Malaysia.



Zebrafish

Sebagai Organisma Model

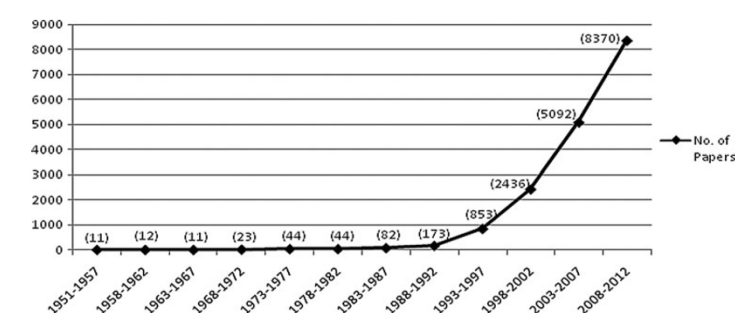
Daryl Jesus Aropoc dan Azfar Hanif Abd Aziz

Sejak 1960-an ikan zebrafish (*Danio rerio*) telah menjadi semakin penting dan berguna untuk penyelidikan saintifik organisma model. Ikan ini digunakan dalam penyelidikan secara meluas kerana spesies ini mudah dijaga dan dibiakkan dalam makmal dan mempunyai kelebihan eksperimen yang tertentu. Zebrafish mempunyai banyak ciri unik yang menjadikannya bernilai untuk digunakan di dalam kajian menerokai genetik dan penyakit manusia.

Zebrafish merupakan ikan air tawar tropika berasal dari lembah sungai Brahmaputra dan Sungai Gangga. Panjangnya kira-kira 2.5 sm hingga 4 sm panjang. Ikan ini bersifat telap cahaya dalam peringkat larva. Apabila matang akan mempunyai jalur-jalur sepanjang badannya dan kelihatan berwarna biru. Ikan betina cenderung menjadi merah jambu dan lebih gemuk kerana mengandungi telur sementara ikan jantan pula biasanya berbentuk torpedo dengan secalit warna kuning.

Zebrafish Information Network merupakan pangkalan data organisma model ikan zebrafish dan 17,151 analisis rekod berkenaan ikan ini telah dikenal pasti. Penyelidikan ke atas zebrafish memuput momentum dalam tahun 1990-an selepas pertumbuhan yang perlahan hingga tahun 1980-an. Kajian data pada tahun 1996 hingga tahun 2012 menunjukkan peningkatan pesat dalam penghasilan data penerbitan.

MAPPING OF ZEBRAFISH RESEARCH: A GLOBAL OUTLOOK



Pangkalan data biasa mempunyai struktur yang baik dengan beberapa ruang untuk menjalankan analisis. Bagaimanapun, oleh kerana ia adalah pangkalan data umum, carian subjek atau kata kunci boleh juga termasuk rekod yang tidak berkaitan atau jenis yang berkaitan. Penggunaan istilah “ Zebrafish ” ATAU “ Danio rerio ” ATAU “ Zebra fish ” di antara muka carian di dalam ruang “Topik” dan carian pula terhad kepada penerbitan yang mengandungi istilah carian yang terpilih melakukan carian yang memenuhi syarat berdasarkan *Web of Science (Science Citation Index-Expanded and Conference Proceedings Citation Index-Science)*. Sejumlah 23,598 rekod telah dicatat untuk tempoh dari 1945 hingga Disember 2012 dan pemeriksaan rawak mendedahkan bahawa banyak rekod adalah tidak berkaitan.

Pangkalan Data *Zebrafish Information Network (ZFIN)* digunakan untuk memastikan ketepatan dan kekuatan data. ZFIN adalah sumber web berasaskan komuniti untuk pemeliharaan dan penyepaduan data genetik, genom, dan perkembangan zebrafish yang berfungsi sebagai pusat tumpuan. ZFIN berfungsi sebagai jaringan bersepadu yang mengandungi maklumat genetik, penerbitan, perwakilan mutan,

panel pemetaan, penanda genetik, dan data perhubungan komuniti. Melalui pertukaran data secara manual, ZFIN bekerjasama dengan *National Center for Biotechnology Information (NCBI), the Sanger Institute* dan SWISS-PROT.

Mengapa memilih Zebrafish untuk penyelidikan ?

Kelebihan dan aplikasi yang ditemukan untuk digunakan dalam penyelidikan semakin bercambah kerana maklumat biologi zebrafish menjadi semakin difahami. Dalam kajian yang terdahulu, ada yang dapat membuktikan bahawa ikan zebrafish menjadi ‘organisma yang ideal’ untuk mengkaji fungsi genetik manusia.

Beberapa ciri unik telah menyumbang kepada keupayaan kajiannya, seperti perkembangan yang pesat iaitu mempunyai kitaran hayat dan masa penggantian yang pendek. Ikan ini mencapai kematangan pada usia kira-kira 3 bulan. Seekor ikan betina mampu menghasilkan 100 telur sehari yang

akan disenyawakan dengan pembebasan sperma jantan ke dalam air. Dalam kondisi makmal beberapa ribu embrio boleh dijanakan setiap hari dan digunakan untuk eksperimen.

Selain itu, para penyelidik dapat melihat perkembangan embrio kerana cengkerang telur yang lutsinar. Ini membolehkan penyelidik melakukan manipulasi eksperimen dan pengimejan secara langsung. Keadaan ini memudahkan proses mengenal pasti gen dan mempunyai peranan penting terhadap pembangunan menerusi penapisan mutagenesis dan telah menyumbang kepada sebahagian besar kepada pemahaman kita mengenai proses proses pembangunan penyelidikan.

Zebrafish perlu dipelihara di bawah keadaan optimum untuk mengekalkan koloni yang sihat dan menggalakkan pengeluaran telur yang berkualiti baik sepanjang tahun. Sesetengah penyelidikan telah mencadangkan kelangsungan hidup telur dan embrio perlu mencapai sekurang-kurangnya 80-95%, dengan pertumbuhan dalam tempoh yang standard iaitu 1.0 - 1.5cm pada tempoh 21 hari selepas persenyawaan) (anon) adalah penunjuk kesesuaian persekitaran

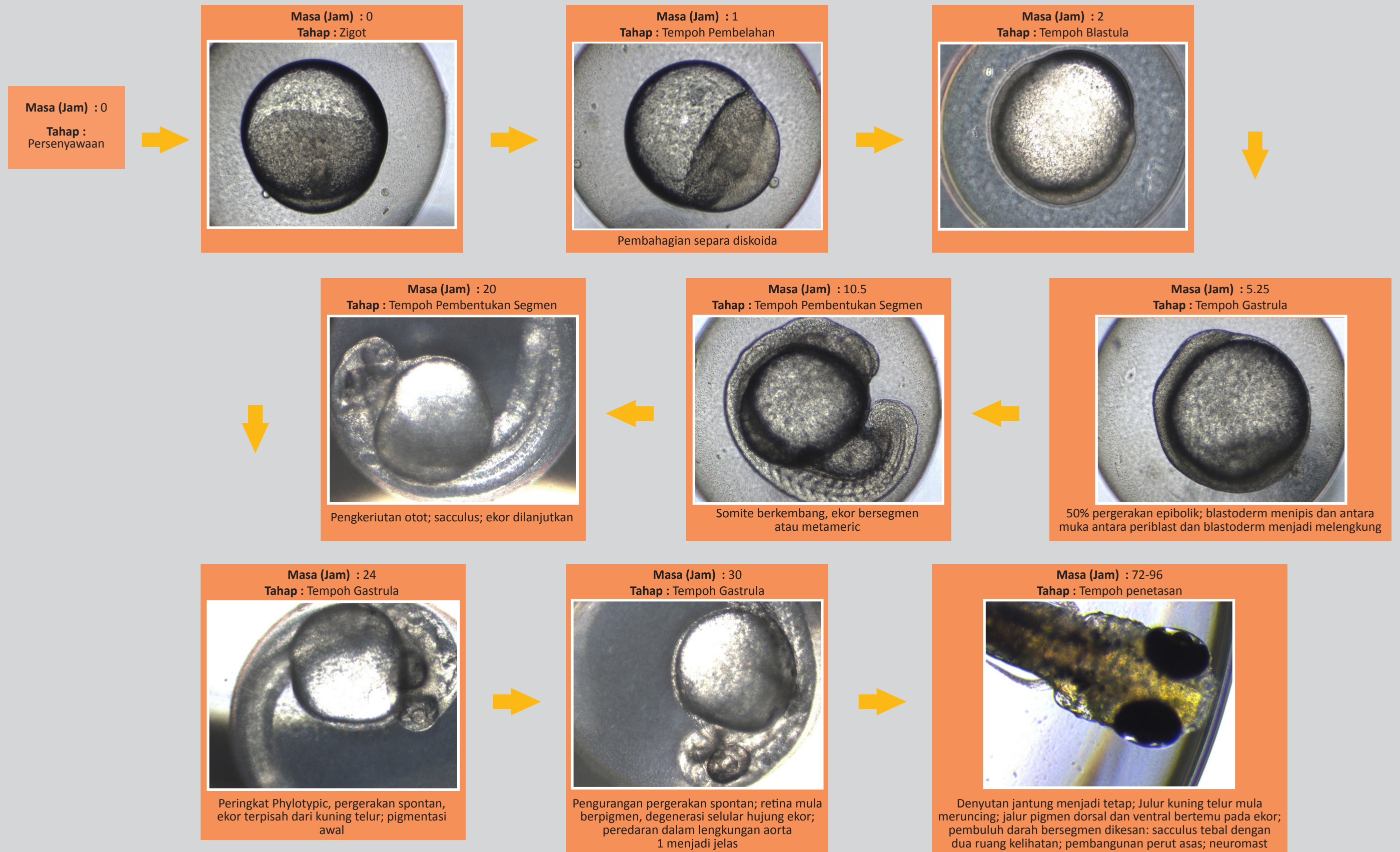
ikan. Walau bagaimanapun, prestasi pembiakan yang baik mungkin merupakan petunjuk kesihatan yang jelas, tetapi mungkin atau mungkin juga tidak mencerminkan keadaan hidup yang optimum.

Zebrafish dewasa mempunyai mekanisme asas untuk penglihatan warna, tetapi tidak ada keperluan tertentu berkenaan dengan spektrum cahaya persekitaran mereka yang telah ditetapkan. Setakat ini pencahayaan pendarfluor yang piawai boleh diterima pakai kerana keperluan yang piawai belum ditetapkan. Penghapusan cahaya dengan panjang gelombang yang terbukti mempengaruhi pertumbuhan alga dalam tangki harus dipertimbangkan kerana ia akhirnya dapat membantu menjaga kebersihan tangki.

Selain perspektif kebajikan haiwan, tidak ada keperluan untuk memantau tahap kelembapan di dalam bilik perumah haiwan akuatik. Saiz tangki yang sesuai adalah perlu untuk memenuhi keperluan fizikal dan tingkah laku Zebrafish dan untuk mencapai interaksi sosial yang betul. Dimensi yang signifikan adalah berdasarkan saiz dan umur ikan, tetapi juga dipengaruhi oleh pemboleh ubah seperti kualiti air dan rejim pemakanan dan makanan.

Perkembangan Ikan Zebrafish

Tahap yang berlainan dalam kitaran hidup zebrafish adalah seperti berikut:



Latar belakang, tujuan, dan skop penggunaan embrio ikan adalah tidak dikawal oleh undang-undang terbaharu mengenai kebajikan haiwan dan dianggap sebagai penambahbaikan, malah berkemungkinan berupaya menggantikan eksperimen haiwan. Embrio ikan ialah haiwan model yang menarik bagi penilaian risiko alam sekitar terhadap bahan kimia kerana mereka menawarkan kemungkinan untuk mewakili analisis skala kecil dan tinggi. Embrio ikan adalah model yang hebat untuk kajian yang bertujuan untuk memahami mekanisme toksik dan petunjuk kemungkinan kesan buruk dan jangka panjang. Oleh itu, kesusasteraan saintifik mesti diperiksa terlebih dahulu untuk menunjukkan penggunaan alternatif model embrio ikan dengan tumpuan terhadap embrio zebrafish. Analisis mod tindakan harus dibuktikan dengan hasil dan perbincangan. Ini adalah penting untuk dalam penilaian risiko bahan kimia alam sekitar dan untuk membantu menunjukkan kesan buruk dan jangka panjang. Embrio Zebrafish digunakan untuk mengkaji kemungkinan tanda-tanda pembezaan berlainan dan kesan kimia pada corak protein dan genetik, dan untuk juga untuk ujian ketoksikan. Arahan Kinase atau pemprofilan metabolik juga diserlahkan sebagai penggunaan kaedah lain yang boleh diterima. Akhir sekali, penanda penanda biologi untuk gangguan endokrin, modulasi imun, genotoksisitas atau ketoksikan kronik

juga boleh digunakan sebagai petunjuk atau panduan kesan sub-akut dan jangka panjang. Embrio Zebrafish berfungsi sebagai model dengan kepelbagaian aplikasi yang mungkin berlaku dalam sains alam sekitar. Justeru, pendekatan dan penyesuaian molekul secara menyeluruh dari penyelidikan bioperubatan mungkin akan terus digunakan dalam kajian ekotoksikologi.

Penggunaan ikan Zebrafish dalam penyelidikan semakin berkembang dalam beberapa tahun kebelakangan ini. Analisis juga menunjukkan pertumbuhan yang kukuh dalam pengeluaran penyelidikan berkaitan ikan Zebrafish. Penghasilan jurnal berkaitan adalah bukti kepentingan ikan Zebrafish. Justeru itu, ia boleh dijadikan pilihan untuk diaplikasikan di dalam kajian kita.

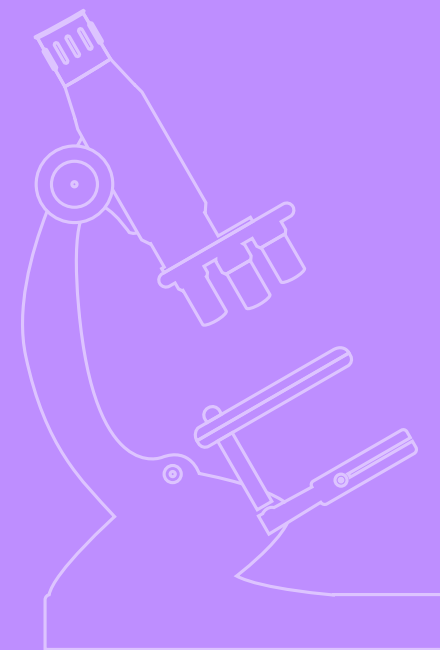


UJIAN KAWALAN MUTU MIKROBIOLOGI

Noraisyah Mohd Yusof dan Dr. Mohd Rodzi Ali

Makmal Kawalan Mutu Mikrobiologi, salah sebuah pusat khidmat di Nuklear Malaysia yang menjalankan ujian mikrobiologi yang dimohon oleh pelanggan. Ujian-ujian yang ditawarkan adalah seperti yang berikut:

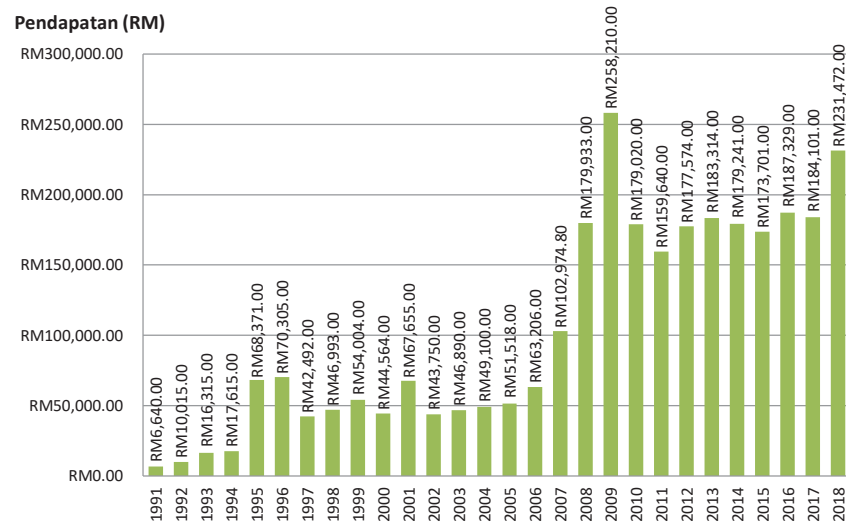
- 1) Ujian Kesterilan.
- 2) Ujian Biobeban (bakteria atau fungus).
- 3) Ujian Endotoksin Bakteria menggunakan kaedah gel klot.
- 4) Ujian Pemantauan Persekitaran Mikrobiologi menggunakan kaedah *settle plate* atau *press plate*.
- 5) Pengeraman dan pemantauan ke atas sampel ujian kesterilan dan media pemantauan persekitaran.
- 6) Ujian-ujian validasi ke atas produk radiofarmaseutikal.
- 7) Ujian Penggalakan Pertumbuhan ke atas media kultur menggunakan mikroorganisma.



Ujian mikrobiologi juga dijalankan ke atas produk radio farmaseutikal yang dikeluarkan oleh Nuklear Malaysia seperti penjana Tc-99m, kapsul I-131, Sm-153 serta kit EDTMP, MDP dan DTPA. Produk-produk yang dihasilkan perlu mematuhi kesemua keperluan GMP kerana Malaysia merupakan salah sebuah negara ahli *Pharmaceutical Inspection Co-operation Scheme* (PIC/S). Bagi semua produk yang berdaftar dengan Bahagian Regulatori Farmasi Negara, kemudahan pengeluaran, produk serta personel akan diaudit dengan teliti sebelum mendapat persijilan GMP. Kegagalan mematuhi keperluan terutamanya aspek kemudahan akan menyebabkan persijilan digantung atau ditarik balik. Oleh yang demikian, ujian-ujian mikrobiologi yang dijalankan adalah untuk memastikan produk yang dihasilkan memenuhi standard. Rujukan utama yang sering digunakan oleh Makmal Kawalan Mutu adalah Farmakopia British (BP) dan Farmakopia Amerika (USP).

Sejak Nuklear Malaysia mendapat persijilan GMP bagi produk Tc-99m yang juga merupakan perintis bagi produk radiofarmaseutikal, secara tidak langsung Makmal Mikrobiologi menjadi makmal rujukan bagi ujian mikrobiologi yang melibatkan produk radiofarmaseutikal. Ini dapat dilihat dengan pertambahan

permintaan ujian yang diterima dari pihak yang mempunyai kemudahan siklotron untuk perubatan seperti Institut Kanser Negara, Hospital Beacon serta syarikat Bio-Molecular. Selain sampel ^{18}F -FDG dan ^{18}F -NaF yang dihasilkan oleh siklotron, sampel lain seperti media pemantauan persekitaran dan personel serta sampel *media fill* turut dihantar untuk diuji. Gamba rajah di bawah menunjukkan peningkatan pendapatan pusat khidmat BIOTEST dari tahun 1991-2018. Ini selari dengan peningkatan permintaan untuk ujian mikrobiologi bagi produk radiofarmaseutikal.



Gambar rajah 1. Pendapatan pusat khidmat BIOTEST- Makmal Ujian Mikrobiologi (1991-2018)

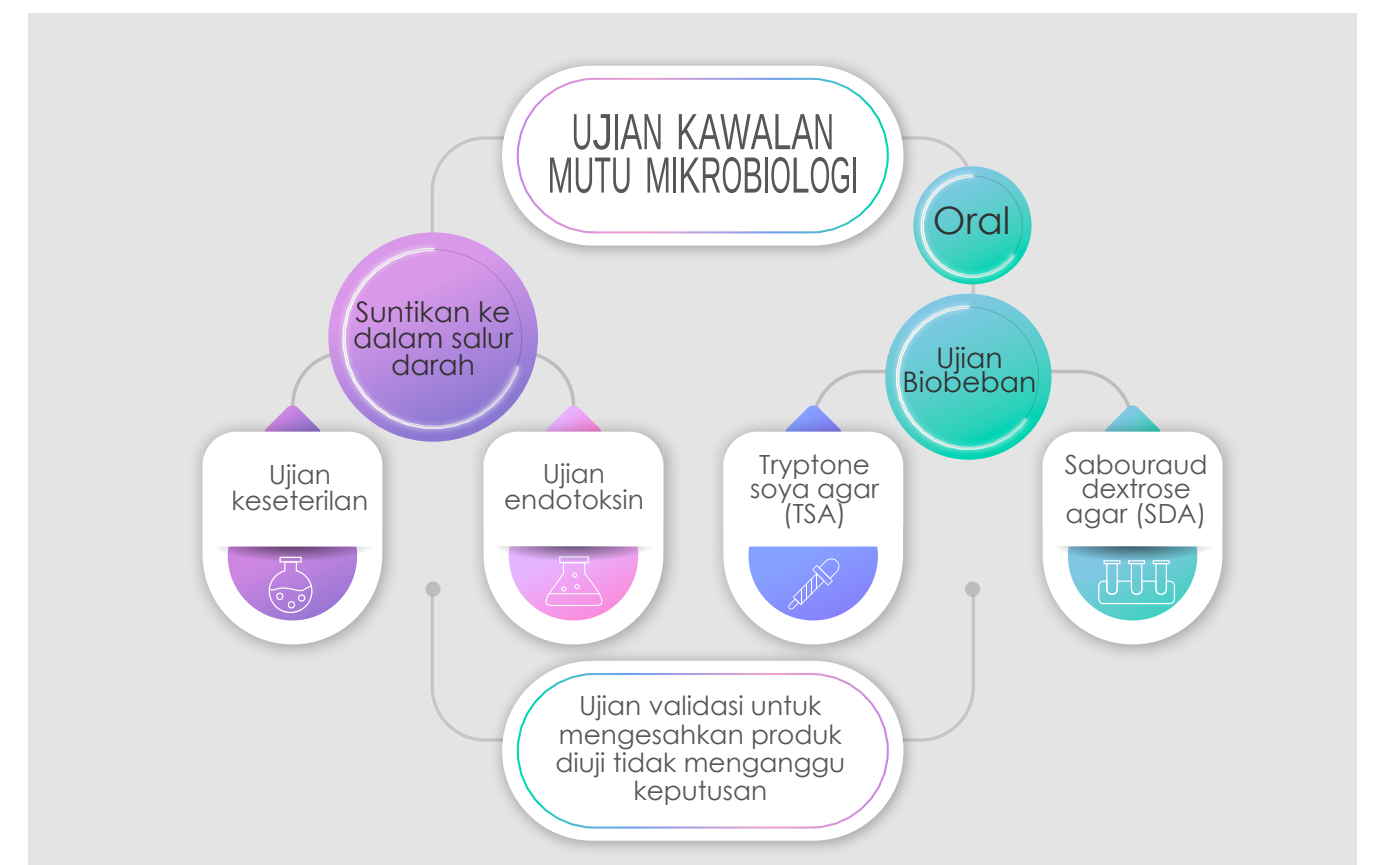
Bagi produk radiofarmaseutikal yang disuntik terus ke dalam salur darah, produk tersebut mestilah steril dan bebas pirogen. Ujian kawalan mutu mikrobiologi yang dijalankan ke atas sampel sebegini adalah ujian kesterilan dan ujian endotoksin bakteria. Contoh produk radiofarmaseutikal steril adalah Tc-99m, Sm-153 dan ^{18}F -FDG serta kit-kit radiofarmaseutikal. Manakala bagi produk radiofarmaseutikal yang diambil secara oral, ianya tidak perlu steril tetapi masih dipantau kebersihannya melalui ujian biobeban dan ujian ketakhadiran *E.coli*.

Ujian kesterilan adalah ujian untuk memastikan bahawa sesuatu produk adalah steril dengan menggunakan dua jenis media iaitu media *tryptone soya broth* (TSB) dan media *thioglycollate*. Sampel yang dimasukkan ke dalam media ini kemudiannya dieram selama 14 hari masing-masing pada suhu 20-25°C untuk menyokong pertumbuhan fungus dan 30-35°C untuk pertumbuhan bakteria.

Selama 14 hari pemantauan secara visual dilakukan sekiranya terdapat tanda-tanda pertumbuhan mikroorganisma. Media akan menjadi keruh sekiranya sampel adalah tidak steril, dan kekal jernih sekiranya tiada pencemaran berlaku.

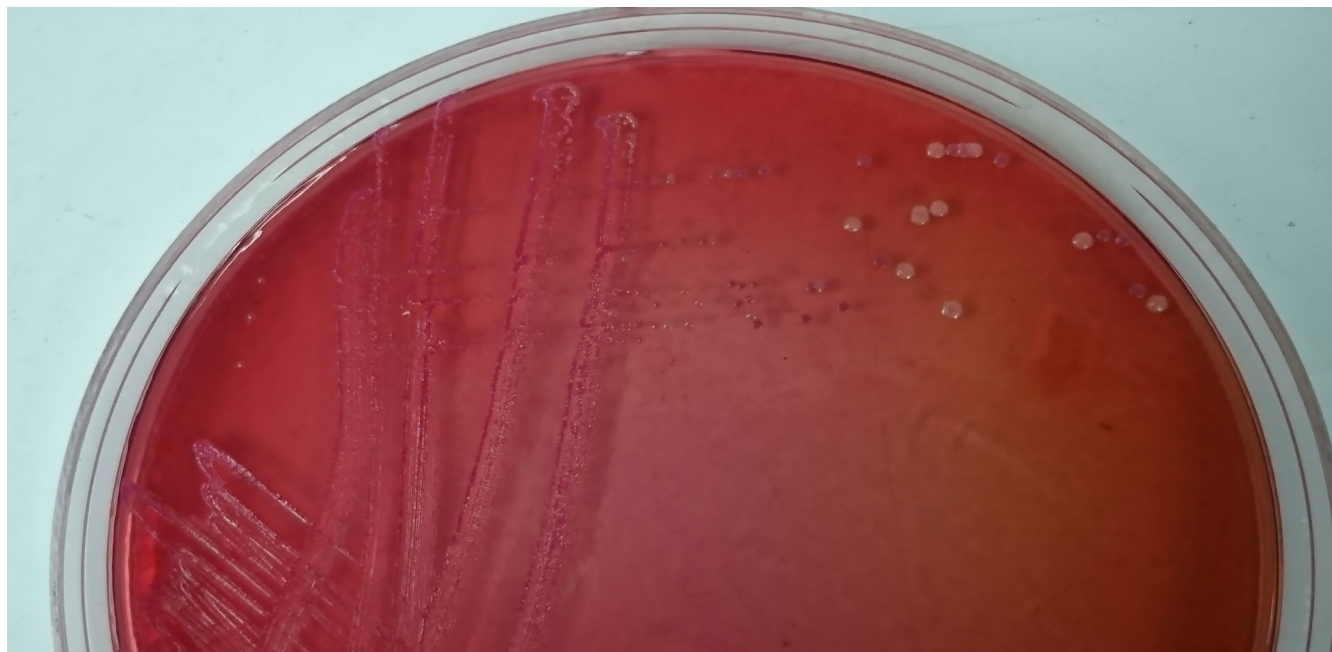
Ujian endotoksin bakteria pula dilakukan dengan menggunakan kaedah gel klot. Sebelum kaedah ini diperkenalkan, ujian pirogen menggunakan arnab digunakan bagi mengesan kehadiran endotoksin bakteria. Sampel yang tercemar dengan endotoksin bakteria akan menyebabkan gejala demam ke atas arnab, begitu juga dengan manusia. Kini, teknik tersebut telah digantikan dengan kaedah yang lebih mudah iaitu menggunakan gel klot. Endotoksin adalah toksin yang berasal dari lipopolisakarida yang terdapat pada dinding sel bakteria Gram negatif sahaja. Kit Limulus Amebocyte Lysate (LAL) digunakan bagi mengesan kehadiran endotoksin bakteria. LAL mengandungi estrak darah dari belangkas atau nama saintifiknya *Limulus polyphemus*. Keistimewaan darah

belangkas ini adalah ia mampu mengesan kehadiran endotoksin bakteria dan menyebabkan kit LAL ini membeku menjadi gel. Beberapa siri pencairan akan dibuat ke atas sampel sebelum diuji menggunakan kit LAL. Seterusnya LAL yang telah ditambah ke dalam sampel akan dieramkan selama 1 jam pada suhu 37°C. Selepas itu, setiap tiub akan diterbalikkan pada sudut 90° secara perlahan-lahan untuk memastikan samada terdapat pembentukan gel atau tidak.

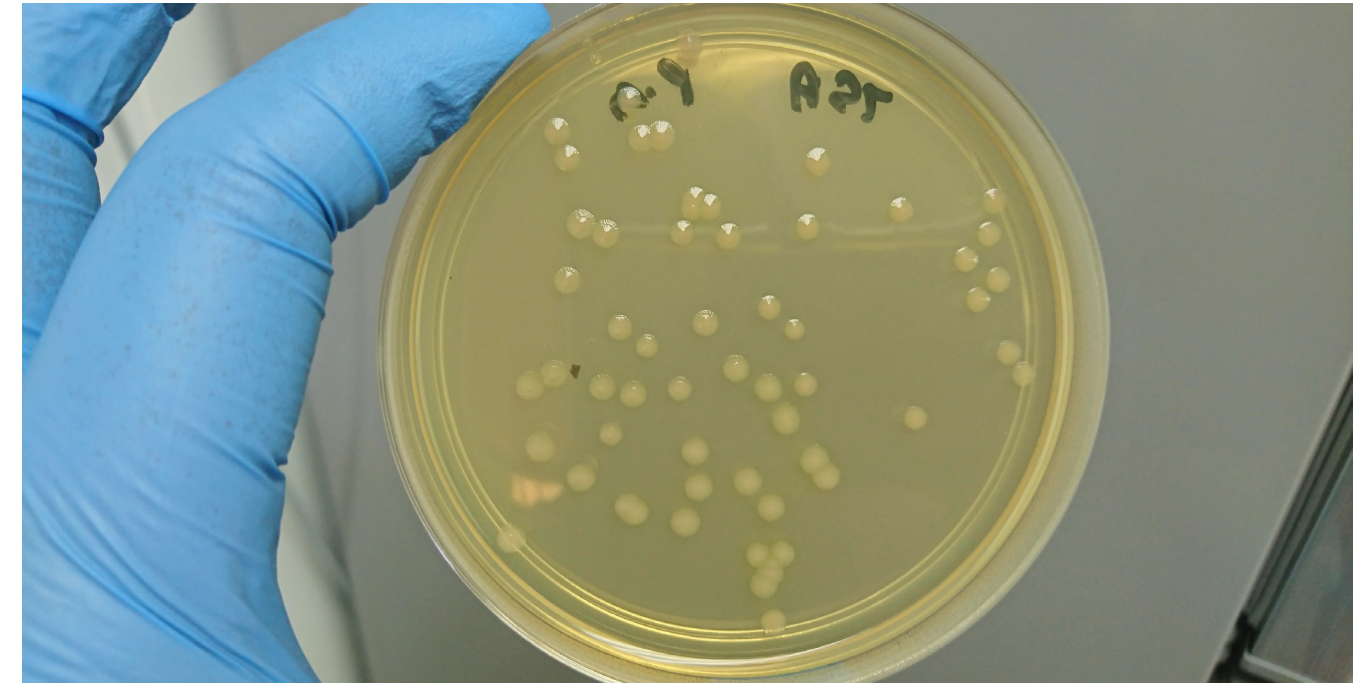


Ujian biobeban pula dijalankan ke atas produk tidak steril seperti kapsul I-131, produk herba dan sampel air tulen. Ujian ini dilakukan untuk mengetahui status biobeban sesuatu produk atau sampel. Dua jenis media digunakan dalam ujian ini iaitu *tryptone soya agar* (TSA) yang boleh menyokong pertumbuhan kedua-dua bakteria dan fungus, serta media *sabouraud dextrose agar* (SDA) yang menyokong pertumbuhan fungus dan yis. Dua kaedah boleh digunakan iaitu kaedah *pour plate* ataupun *spread plate*. Kaedah *pour plate* menggunakan 1ml sampel, manakala kaedah *spread plate* pula menggunakan 0.1ml sampel. Setelah sampel diletakkan ke atas media, ianya dieram pada 30-35°C selama 3 hari bagi media TSA dan pada 20-25°C selama 5 hari bagi media SDA. Setelah tamat tempoh pengeringan, koloni bakteria atau fungus yang tumbuh di atas atau di dalam media akan dikira dan direkod sebagai *colony forming unit* (cfu). Had bilangan cfu setiap produk adalah berbeza bergantung kepada standard yang terdapat dalam BP atau USP. Sasaran pengeluar produk adalah untuk mendapatkan produk yang mempunyai nilai biobeban yang rendah. Ini melambangkan keseluruhan proses pengeluaran adalah dalam keadaan bersih dan terkawal.

Satu lagi ujian yang dilakukan adalah mengesan kehadiran mikroorganisma patogen seperti *E.coli*, *Salmonella sp.*, *Paeruginosa* dan *S.aureus*. Jenis mikroorganisma adalah berbeza mengikut standard sesuatu produk. Bagi produk kapsul I-131, ujian yang dijalankan adalah ujian ketakhadiran *E.coli*. Bakteria *E.coli* adalah normal flora yang biasa hidup di dalam usus besar manusia. Kebiasaannya *E.coli* tidak menyebabkan penyakit, kecuali beberapa serotip yang menyebabkan diareja. Kehadirannya dalam sesuatu produk adalah signifikan dengan pencemaran najis. Sampel produk akan dieram dalam media TSB dahulu bagi menggalakkan pertumbuhan bakteria, sekiranya ada. Setelah itu, sampel dipindahkan ke dalam media *MacConkey broth purple*. Media ini adalah media pemilih yang akan memilih bakteria Gram negatif dan merencat pertumbuhan bakteria Gram positif. Media ini juga media pembeza yang dapat membezakan bakteria yang menapai laktosa dengan menukarkan warna media dari ungu kepada kuning melalui penghasilan asid dan gas. Setelah itu, sampel sekali lagi dipindahkan ke atas media *MacConkey agar*. Media ini juga bersifat pembeza yang dapat membezakan di antara bakteria yang berlainan jenis melalui morfologi yang berbeza. Sekiranya terdapat bakteria yang disyaki *E.coli* yang mempunyai ciri-ciri koloni berwarna merah, ujian pengenapastian bakteria perlu dilaksanakan bagi mengesahkan bahawa ianya adalah bakteria *E.coli*.



Gambar rajah 2. Media MacConkey agar yang dapat membezakan kehadiran dua jenis bakteria yang berlainan dalam sampel; koloni berwarna kuning dan koloni yang lebih kecil berwarna merah.



Ujian validasi juga dilakukan ke atas prosedur ujian-ujian mikrobiologi dengan kehadiran produk. Ini untuk mengesahkan bahawa produk yang diuji tidak mengganggu keputusan ujian. Sekiranya didapati produk mengganggu keputusan ujian dengan memberikan keputusan positif palsu atau negatif palsu, langkah-langkah tambahan perlu diambil bagi memastikan ianya tidak berlaku setelah ujian ini dilakukan secara rutin kelak. Setiap produk yang ingin berdaftar dengan Bahagian Regulatori Farmasi Negara perlu mengemukakan keputusan ujian validasi bagi ujian mikrobiologi serta ujian kimia dan radiokimia.

Selain daripada ujian mikrobiologi yang dijalankan ke atas produk, ujian pemantauan juga dilaksanakan bagi memantau persekitaran kemudahan pengeluaran dan makmal mikrobiologi menggunakan kaedah *settle plate*. Pemantauan personel kumpulan pengeluaran serta makmal mikrobiologi turut dilakukan melalui ujian *finger print*. Kedua-dua pemantauan ini menggunakan media TSA dan SDA dan masing-masing mempunyai had bilangan cfu yang berbeza bergantung kepada kelas bilik sesuatu kemudahan atau makmal. Pemantauan persekitaran dan personel juga merupakan keperluan dalam GMP dimana bilangan cfu akan sentiasa dipantau sebelum, semasa dan selepas setiap kerja dijalankan. Sekiranya berlaku

pencemaran mikrobiologi ke atas sesuatu produk, siasatan akan dilakukan dengan mengambil kira semua faktor termasuklah faktor persekitaran dan personel.

Satu lagi ujian yang sering dimohon oleh pelanggan BIOTEST adalah ujian penggalakan pertumbuhan. Ujian ini dilakukan ke atas media kultur yang disediakan secara dalaman ataupun media sedia cipta yang dibeli dari pihak pengeluar. Setiap media yang mempunyai nombor kelompok yang berlainan perlu dipastikan bahawa ianya mampu menyokong pertumbuhan mikroorganisma standard. Bilangan koloni perlu berada dalam julat kurang dari 100 cfu bagi media agar. Terdapat 6 jenis mikroorganisma standard yang digunakan dalam ujian ini, iaitu *S.aureus* ATCC 6538, *Paeruginosa* ATCC 9027, *B.spizizenii* ATCC 6633, *C.sporogenes* ATCC 11437, *C.albicans* ATCC 10231 dan *A.brasiliensis* ATCC 16404.

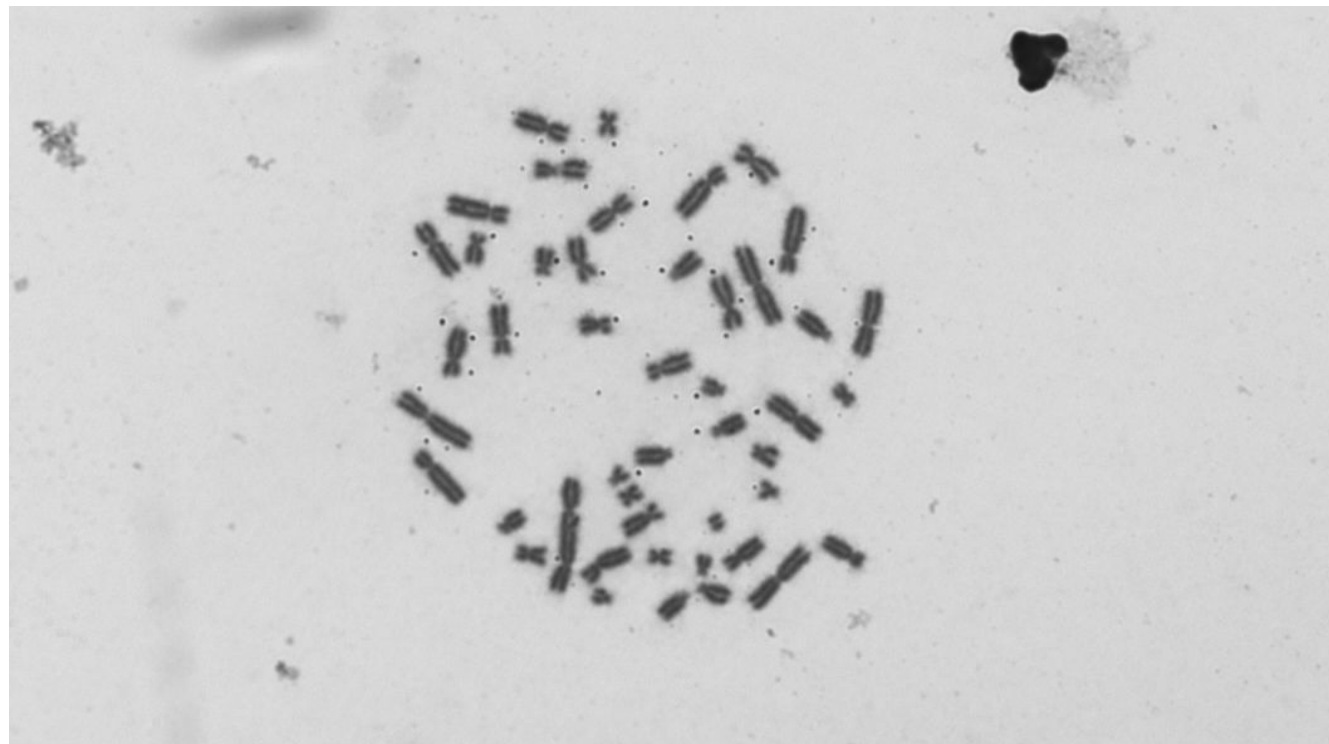
Ujian-ujian yang dijalankan di Makmal Kawalan Mutu Mikrobiologi ini sangat penting dalam memastikan kualiti produk radiofarmaseutikal yang dihasilkan untuk tujuan perubatan adalah selamat digunakan oleh pesakit. Khidmat ujian yang diberikan ini secara tidak langsung dapat memberikan manfaat kepada rakyat.

Biodosimetri

Noraisyah Mohd Yusof dan Dr. Mohd Rodzi Ali

Apakah Biodosimetri? Biodosimetri atau dosimetri biologi adalah pengukuran tindak balas biologi sebagai anggaran dos radiasi yang telah diterima oleh individu yang terdedah kepada sinaran mengion.

Dalam kebanyakan kemalangan sinaran mengion, maklumat dosimetri fizikal peribadi jarang diperolehi. Dalam situasi begini, biodosimetri boleh memainkan peranan penting untuk menilai dos yang telah diserap oleh mangsa tersebut. Dosimetri ini adalah berdasarkan kepada anggaran perubahan dalam sistem biologi akibat pendedahan kepada sinaran mengion.



Biodosimetri memainkan peranan penting dalam perlindungan sinaran serta pengurusan perubatan bagi mangsa yang secara tidak sengaja terdedah kepada sinaran mengion. Ujian ini amat penting dalam penentuan prognosis, iaitu untuk meramalkan penyakit yang mungkin boleh terhasil, termasuk sama ada tanda-tanda dan gejala akan bertambah baik atau bertambah buruk, dan berapa cepat atau ia

kekalkan stabil dari semasa ke semasa serta jangkaan kualiti hidup seperti keupayaan menjalankan kehidupan dengan baik atau sebaliknya.

Dalam kes-kes yang disyaki terdedah kepada sinaran mengion dan di mana maklumat dosimetri fizikal tidak diperolehi atau tidak boleh dipercayai, biodosimetri dengan menggunakan kaedah ujian aberasi kromosom boleh membantu memberikan maklumat yang sangat berguna serta boleh memberi petunjuk mengenai pendedahan dos iaitu sama ada secara seluruh badan atau setempat.

Bagi kes penyiasatan kemalangan sinaran mengion, adalah penting untuk menganggarkan dos kepada individu yang terdedah kerana sekiranya berlaku pendedahan yang tinggi atau akut (> 1 Gy), maklumat dos ini dapat membantu pihak doktor untuk merancang terapi kepada mangsa serta kemungkinan apakah kecederaan tisu yang akan terhasil dalam jangka masa seminggu, sebulan dan masa akan datang. Bagi pendedahan di bawah 1 Gy, di mana rawatan diperlukan, maklumat anggaran dos ini membantu para doktor melaksanakan sesi kaunseling dan memberi maklumat berkenaan risiko kesan stokastik yang akan terhasil seperti kanser kepada mangsa serta keluarga yang terdekat (IAEA, 2001).

Manakala di makmal, 1ml darah dari mangsa dedahan sinaran mengion akan dikultur di dalam 10 ml media lengkap dan seterusnya dieram selama 48 jam di dalam inkubator pada suhu 37°C dengan kadar karbon dioksida sebanyak



5%. Kemudian, kultur ini akan diproses sehinggalah kromosom di peringkat metafasa terhasil. Sel metafasa ini seterusnya akan diimbas menggunakan mikroskop dan imej setiap sel diambil pada pembesaran 63X menggunakan kamera yang dilengkapi bersama mikroskop. Pencerapan sel disentrik dilakukan pada 500 hingga 1000 sel metafasa. Secara amnya, hanya sel metafasa yang mempunyai 46 kromosom sahaja yang diambil untuk pencerapan. Bilangan sel disentrik yang siap dicerap kemudiannya akan diplot dalam



Gambar 2. Sel metafasa yang mengandungi kromosom disentrik dan serpihan asentrik



keluk tentukan bagi mendapatkan kadar dos sinaran yang diterima dalam unit Gray (Gy).

Makmal Biodosimetri di Nuklear Malaysia merupakan satu-satunya makmal kebangsaan yang melakukan ujian aberasi kromosom ke atas pekerja sinaran di Malaysia. Makmal ini telah ditubuhkan pada Jun 1990. Aktiviti utama makmal ini adalah melakukan ujian aberasi kromosom menggunakan kaedah disentrik untuk menganalisa dos dedahan pekerja sinaran industri di Malaysia. Pihak Lembaga Perlesenan Tenaga Atom (LPTA) bertanggungjawab mengarahkan pekerja sinaran yang disyaki melebihi had dos tahunan sebanyak 20mSv untuk menjalani ujian aberasi kromosom di makmal ini. Selain daripada pemantauan dos dedahan pekerja sinaran, Makmal Biodosimetri juga terlibat di dalam mana-mana kes kemalangan yang melibatkan punca sinaran mengion. Di samping melakukan servis, Makmal ini juga melakukan penyelidikan dan projek kerjasama dengan pihak luar seperti pihak LPTA dan Institut Penyelidikan Perubatan.



**NUKLEAR
MALAYSIA**

KHIDMAT

Penyelesaian Kejuruteraan Untuk R&D

1. Reka Bentuk dan Sistem Automasi
2. Fabrikasi Komponen Kejuruteraan

Pemantauan Alam Sekitar

1. NORM/TENORM
2. Pemantauan Sinaran Tidak Mengion (NIR)
3. Penilaian Impak Bahan Radiologi
4. Pengurusan Sumber Air
5. Pengurusan Sisa Pertanian, Industri dan Domestik

Khidmat Kejuruteraan Teknikal

1. Pemeriksaan dan Ujian Bahan, Struktur dan Loji Industri
2. Pemeriksaan Industri dan Kawalan Proses
3. Teknologi Pertanian
4. Teknologi Perubatan
5. Analisa dan Pernilaian Bahan

Jaminan Kualiti

1. Dosimetri Personel
2. Jaminan Kualiti Perubatan
3. Jaminan Kualiti Industri

Sterilisasi Bukan Kimia

1. Penyinaran Gamma
2. Penyinaran Elektron

Latihan

1. Keselamatan & Kesihatan Sinaran
2. Sinar X- Perubatan
3. Penilaian Tanpa Musnah (NDT)
4. Instrumentasi dan Kejuruteraan
5. Keselamatan Persekitaran dan Kesihatan
6. Pengurusan Teknologi

Agensi Nuklear Malaysia (Nuklear Malaysia)

PRODUK

1. Lateks Getah Tervulkan Dengan Sinaran
2. Kit Diagnostik Perubatan dan Radioisotop Perubatan
3. Sebatian Polimer untuk Industri Automotif
4. Varieti Baru Tanaman Hiasan dan Pokok Buah-Buahan

RUNDING CARA

1. Keselamatan & Kesihatan Sinaran
2. Penilaian & Pencemaran Alam Sekitar
3. Jaminan Kualiti Mikrob
4. Pengurusan Sisa Radioaktif
5. Reka Bentuk Loji & Kawalan Proses
6. Reka Bentuk Kejuruteraan dan Pembangunan
7. Penasihat Teknologi Nuklear & Perancangan Dasar

Untuk maklumat lanjut sila hubungi:

Ketua Pengarah
Agensi Nuklear Malaysia (Nuklear Malaysia)
Bangi, 43000 KAJANG, Selangor Darul Ehsan

U/P: Ahmad Sahali Mardi
Pengarah,
Bahagian Pengkomersilan Teknologi

Tel: 03-8911 2000 / 03-8925 2434 (DL)
Faks: 03-8925 2588

E-mail: sahali@nuclearmalaysia.gov.my

Website: www.nuclearmalaysia.gov.my



i-NUKLEAR

ILMU . IDEA . INFORMASI



AGENSI NUKLEAR MALAYSIA
Bangi, 43000 Kajang, Selangor Darul Ehsan



<https://www.nuclearmalaysia.gov.my>



Nuklear Malaysia



nuclearmalaysia



Agensi Nuklear Malaysia



Agensi Nuklear Malaysia