

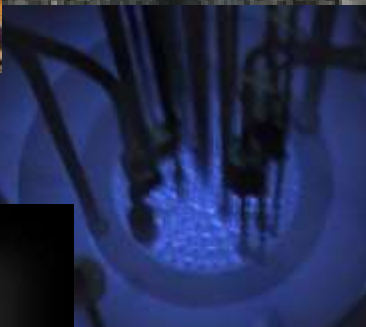
BULETIN

NUKLEAR MALAYSIA

NUCLEAR BULLETIN OF MALAYSIA

RM3.00

VOLUME 18, 2017/2018 ; ISSN 13945610; KDN: PP6942/1/2004



The National Nuclear Science, Technology and Engineering Communication Media

Published by The Malaysian Nuclear Society (MNS)

BULETIN NUKLEAR MALAYSIA

Volume 18, 2017/2018

CONTENTS

PERANAN FORENSIK NUKLEAR DALAM ISU KESELAMATAN NUKLEAR

Zalina Laili dan Nazharatul Ashifa Abdullah Salim

8th ASIA-OCEANA NEUTRON SCATTERING ASSOCIATION (AONSA) NEUTRON SCHOOL – BHABHA ATOMIC RESEARCH CENTRE, MUMBAI, INDIA

Norfarizan Mohd Said

DEBAT NUKLEAR 2017 – KELASTARIAN PEMIKIRAN UNTUK KEAMANAN DAN KESEJAHTERAAN

Mohd Idzat Idris

IAEA FELLOWSHIP TRAINING ON MINERAL CHARACTERISTIC AND ORE PROCESSING

Khaironie Mohd Takip

NUCLEAR YOUTH COMPETITION (NYC) 2017

Anas M Pauzi and Sakesh Raj

FUSION AS FUTURE NUCLEAR ENERGY SOURCE

Faridah Mohd Idris

MNS COMMITTEE MEMBERS 2017/2018

Advisor

Dr. Nahrul Khair Bin Alang Md Rashid (UNIVERSITI TEKNOLOGI MALAYSIA)

President

Dr. Abdul Aziz Bin Mohamed (UNITEN)

V. President

Dr. Faizal K.P. Kunchi Mohamed (UKM)

Secretary

Dr. Faridah Bt Mohamad Idris (NUCLEAR MALAYSIA)

A. Secretary

Dr. Irman Abdul Rahman (UKM)

Treasurer

Dr. Julie Andrianny Bt. Murshidi (Nuclear Malaysia)

A. Treasurer

Dr. Nasri Bin A Hamid (UNITEN)

Members

Azraf Bin Azman (Nuclear Malaysia)

Shalina Bt. Sheik Muhamad (Nuclear Malaysia)

Dr Abu Hassan Husin (UiTM)

Dr Julia Bt. Abdul Karim (Nuclear Malaysia)

Dr. Muhammad Rawi Bin Mohamed Zin (Nuclear Malaysia)

Dr Mohd Syukri Yahya (UNITEN)

Auditors

Dr. Mohd Yuhyi Mohd Tadza (UMP)

Safwan Shalbi (UTM)

EDITORIAL & PUBLICATION SECRETARIAT

Chief editor

Dr. Julie Andrianny Bt. Murshidi (Nuklear Malaysia)

Editors

Dr. Muhammad Rawi Mohamed Zin (Nuklear Malaysia)

Dr Abu Hassan Husin (UiTM)

Dr. Mohd Yuhyi Mohd Tadza (UMP)

Rafhayudi Jamro (Nuklear Malaysia)

Azraf Azman (Nuklear Malaysia)

Anas Mohamad Pauzi (UNITEN)

Promotion

Dr. Faridah Bt Mohamad Idris (Nuklear Malaysia)

Dr. Irman Abdul Rahman (UKM)

Dr Mohd Syukri Yahya (UNITEN)

Shalina Bt. Sheik Muhamad (Nuklear Malaysia)

Published by

Malaysian Nuclear Society (MNS)

c/o Malaysian Nuclear Agency (Nuclear Malaysia),

Bangi, 43000 KAJANG Selangor D.E. Malaysia

Tel: 603-89250510; Fax : 603-89202968

Website: <http://www.nuklearmalaysia.org>

EDITORIAL

After working hard of the editorial members the issue of Vol. 18 of BNM is finally published. The editorial would like to apologies to all contributors and readers for patiently waiting and loyally supporting of the BNM new issue. This effort has to be appreciated and we hope this sprit will continue for the live of MNS and BNM in particular.

We know that the issue of BNM needs very strong support and commitment from all members of MNS and readers in general. The editorial is very optimistic, with the good support and enough articles from the contributors the half yearly issue of this bulletin will be published on schedule. We also see that from the past few years there was encouraging response from contributors of other organizations beside Nuclear Malaysia. This can probably be improved in the future as sharing and disseminating knowledge is one of the agenda of our society. Different authors could deliver the same message but probably from a different approach. The editorial would also like to welcome contribution from student at levels of education and the MNS has agreed to provide some token as an incentive for your efforts.

The editor welcome articles and news from any related science, technology, engineering regulatory and economy issues. However we should be bare in mind that the nuclear and nuclear related articles and news should reflex the title of this bulletin. With the current scenario and trend of world energy demand, food and water security, environmental concerned, it is hope that articles and news related to nuclear and nuclear related issue, in particular could be a ‘hot’ topic of discussion.

Chief Editor
Bulletin Nuclear Malaysia

PERANAN FORENSIK NUKLEAR DALAM ISU KESELAMATAN NUKLEAR

Oleh

Zalina Laili dan Nazharatul Ashifa Abdullah Salim

Kumpulan Aplikasi Kimia Analisis, Bahagian Teknologi Sisa & Alam Sekitar

Agensi Nuklear Malaysia, 43000 Kajang, Selangor, Malaysia

1. Pengenalan

Sains forensik biasanya dikaitkan dengan pemeriksaan spesimen/bukti kes jenayah menggunakan kaedah sains (Foto 1). Kini, skop sains forensik telah diperluaskan dan diaplikasikan dalam bidang sains nuklear. Ini dikenali sebagai forensik nuklear. Bidang forensik nuklear tercetus susulan daripada kejatuhan Kesatuan Soviet pada awal tahun 1990-an. Kejatuhan Kesatuan Soviet ini telah mencetuskan fenomena penyeludupan bahan nuklear (Mayer et al. 2007). Kes terawal dilaporkan berlaku di Switzerland dan Itali pada tahun 1991. Seterusnya insiden penyeludupan bahan nuklear ini turut dilaporkan berlaku di Jerman, Republik Czech, Hungary dan di Eropah Tengah. Agensi Tenaga Atom Antarabangsa (IAEA) telah merekodkan lebih daripada 800 kes perdagangan haram bahan nuklear (IAEA 2006). Keadaan ini boleh memberi ancaman terhadap keselamatan dunia terutama apabila ia dikaitkan dengan aktiviti penganas.



Foto 1 Forensik nuklear bidang sains baru yang diwujudkan bagi penyiasatan bahan nuklear dan bahan radioaktif lain yang berada diluar kawalan undang-undang.

Forensik nuklear dibangunkan untuk mengenal pasti dan mencirikan bahan radioaktif haram. Ia juga dibangunkan untuk mengetahui keaslian dan penggunaannya serta asal usul dan laluan pengedarannya. Justeru, forensik nuklear boleh ditafsirkan sebagai pemeriksaan bahan nuklear atau bahan radioaktif lain atau bahan bukti yang dicemari dengan radionuklid dalam konteks undang-undang antarabangsa atau undang-undang negara atau keselamatan nuklear (Keegan et al. 2016). Dari segi saintifik pula, forensik nuklear ialah satu analisis untuk menentukan ciri fizik, kimia, unsur, isotopik bahan nuklear yang tidak diketahui asal usulnya (Glaser & Bielefeld

2008). Hakikatnya, forensik nuklear bertujuan untuk mencari asal usul bahan nuklear yang ditemui berada di luar kawalan undang-undang. Objektif forensik nuklear boleh dibahagikan kepada beberapa perkara (Glaser & Bielefeld 2008) iaitu menentang aktiviti perdagangan gelap bahan nuklear, persampelan alam sekitar bagi mengesan aktiviti haram berkaitan bahan nuklear, mengimplementasikan 'IAEA safeguards', pengesahan pematuhan triti antarabangsa (*Comprehensive Test Ban Treaty* (CTBT)) dan *Non-Proliferation Treaty* (NPT)) dan pencegahan pada peringkat awal.

Bahan nuklear dan lain-lain bahan beradioaktif terdapat di dalam kitaran bahan api nuklear dan digunakan dalam industri, perubatan, penyelidikan dan penggunaan saintifik yang lain. Bahan beradioaktif ini merbahaya kerana ia mengeluarkan sinaran dengan keaktifan yang tinggi dan signifikan. Kebanyakan rampasan bahan radioaktif yang dilaporkan merupakan punca radioaktif seperti Cs-137, Ir-192, Co-60 atau Sr-90 yang asalnya digunakan dalam bidang perubatan atau industri (Mayer & Wallenius 2009). Sekiranya bahan radioaktif tersebut tersedia dalam jumlah yang mencukupi dan berkualiti kemungkinan ia akan digunakan dalam peranti letupan.

Oleh yang demikian, bahan radioaktif dikawal secara ketat di bawah undang-undang di peringkat negara mahupun di peringkat antarabangsa. Adalah menjadi tanggungjawab sesebuah negara untuk membina infrastruktur tertentu bagi melindungi bahan nuklear dan lain-lain bahan beradioaktif. Ini termasuklah langkah mencegah, mengesan serta mengambil tindakan terhadap insiden yang berkaitan dengan keselamatan nuklear. Apabila bahan nuklear dan lain-lain bahan beradioaktif dikesan berada di luar kawalan undang-undang, sesebuah negara harus mengambil tindakan sewajarnya dan ini termasuklah mengimplementasikan forensik nuklear dalam siasatan mereka. Kertas kerja ini akan membincangkan peranan dan elemen utama dalam bidang forensik nuklear yang merupakan kunci kepada keselamatan nuklear.

2. Peranan dan Pendekatan Asas Forensik Nuklear

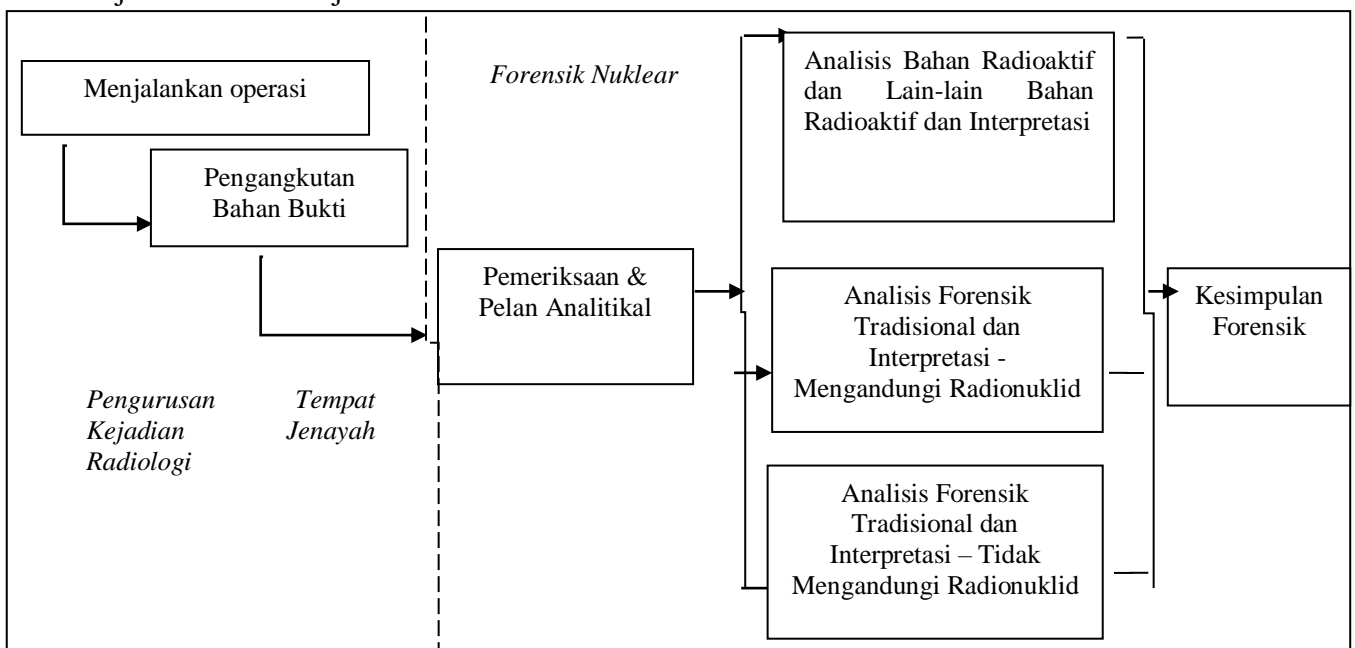
Forensik nuklear menyokong ke arah pencegahan dan memberi tindakbalas terhadap sesuatu insiden yang berkaitan dengan keselamatan nuklear. Perkara ini disebabkan forensik nuklear merupakan salah satu elemen penting dalam pelan tindakan bagi sesuatu insiden yang berkaitan dengan keselamatan nuklear.

Secara umumnya, terdapat beberapa tujuan utama dalam penyiasatan forensik nuklear. Forensik nuklear dijalankan untuk mengenal pasti mereka yang terlibat dalam kecurian nuklear atau penganas nuklear. Pengeluaran dan penggunaan bahan nuklear sama ada untuk pengeluaran tenaga, penggunaan perubatan, kegunaan ketenteraan atau lain-lain penggunaan melibatkan kitaran pengeluaran yang berskala besar. Misalnya proses kimia, penyinaran, kitar semula dan pelupusan sisa. Di setiap proses ini, ciri isotopik, kimia dan fizikal atau tanda pengenalan unik akan dibentuk. Justeru, pengukuran sampel dari jenis yang sama dan diketahui asal usulnya boleh membantu interpretasi data analisis yang diperlukan dalam penyiasatan forensik nuklear. Ia dapat memberi petunjuk yang akan menjurus kepada individu yang terlibat, tempat dan kejadian. Contohnya pada 29 Mei 1999, pihak kastam Bulgaria menahan seorang penyeludup dan menemui bekas plumbum berbentuk silinder dan di dalamnya terdapat satu

ampul kaca yang mengandungi 4g serbuk hitam. Hasil analisis makmal ia dikenal pasti sebagai uranium diperkaya tinggi (*Highly Enriched Uranium* (HEU)). Dua tahun kemudian iaitu Jun 2001 di Perancis, pihak keselamatan telah dimaklumkan terdapat seorang individu yang cuba menjual HEU. Hasil pemeriksaan di dalam kenderaan suspek menemui bekas plumbum berbentuk silinder yang juga terdapat satu ampul kaca yang mengandungi 500g serbuk hitam halus. Keserupaan pada bekas plumbum berbentuk silinder dan ampul kaca yang mengandungi serbuk hitam pada kedua-dua kes tersebut telah menimbulkan persoalan sama ada kedua kes ini saling berkaitan. Kemungkinan ia berasal dari negara, fasiliti, proses dan kelompok bahan yang sama. Analisis makmal oleh *Lawrence Livermore National Laboratory* (LLNL) mendapati terdapat keserupaan pada kedua bahan tersebut. Keserupaan pada komposisi isotopik uranium daripada kedua-dua kes mencadangkan bahawa ia berasal daripada sumber yang sama (negara, fasiliti dan proses (Keegan et al. 2016)).

Forensik nuklear juga bertujuan untuk digunakan sebagai alat untuk menyekat aktiviti perdagangan haram bahan nuklear atau bahan sinaran lain. Ini kerana forensik nuklear dapat mempertingkatkan perlindungan dan pengawalan bahan nuklear dan senjata nuklear. Selain daripada itu, forensik nuklear juga dapat menjejaki bahan atau peranti nuklear yang hilang.

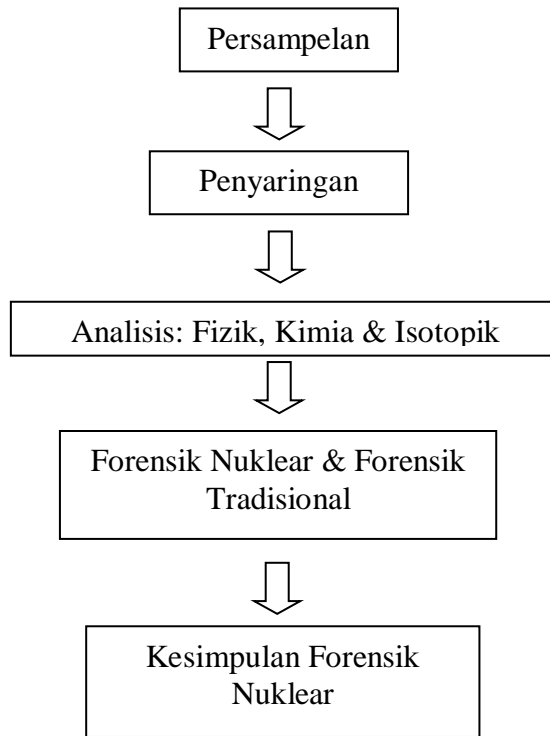
Penyiasatan dalam forensik nuklear harus dipertimbangkan sebagai sebahagian daripada set pengukuran komprehensif bagi pengesanan, penyekatan, pengkategorian dan pencirian bahan nuklear haram (Mayer & Wallenius 2009). Oleh itu, adalah sangat penting untuk memastikan integriti dan kesahan bukti pada keseluruhan proses dalam penyiasatan forensik nuklear. Ini menuntut kepada kerjasama rapat di antara penguatkuasa undang-undang, perkhidmatan perlindungan sinaran, pakar forensik dan pakar analisis forensik nuklear. Bagi menjamin kelancaran proses penyiasatan forensik nuklear, pelan model tindakan forensik nuklear (*Nuclear forensic model action plan*) perlu dibangunkan. Pelan model tindakan forensik nuklear ditunjukkan dalam Rajah 1.



Rajah 1 Pelan Model Tindakan Forensik Nuklear (IAEA 2015).

3. Pendekatan Metodologi Forensik Nuklear

Penyiasatan forensik nuklear akan bermula apabila sesuatu bahan dirampas dan dikategorikan sebagai bahan nuklear. Keseluruhan proses analisis forensik nuklear digambarkan dalam Rajah 2.



Rajah 2 Proses yang Terlibat dalam Analisis Forensik Nuklear (Karpas 2015).

Dalam forensik nuklear, tiada aliran proses yang universal atau pelan analisis bagi setiap sampel yang diterima di makmal. Pilihan teknik yang digunapakai pada setiap sampel bergantung kepada persoalan penyiasatan yang dibangkitkan dan jawapan serta tempoh yang tersedia bagi menjawab kepada persoalan tersebut (Keegan et al. 2016). Pihak IAEA telah menyediakan panduan berkaitan kaedah makmal dan teknik yang boleh digunapakai ketika menjalankan forensik nuklear dengan skala masa bagi melengkapkan analisis (24 jam, 1 minggu dan 2 bulan). Jadual 1 menunjukkan garis masa dan jenis teknik dalam analisis forensik nuklear yang biasa dijalankan.

Jadual 1 Garis Masa bagi Analisis Forensik Nuklear (Hutcheon et al. 2013 & Keegan et al. 2015)

Teknik/Kaedah	24 jam	1 minggu	2 bulan
Radiologi	Penentuan Aktiviti Kadar Dos (α , β , γ , n) Kontaminasi Permukaan	Jumlah	
Pencirian Fizikal	Pemeriksaan Visual Radiografi Fotografi Berat Dimensi Mikroskopi Optik Ketumpatan		
Analisis Tradisional	Forensik Cap jari, Fiber		
Analisis Isotopik	Spektroskopi- γ Spektroskopi- α	Spektrometri Jisim (SIMS, TIMS,	Pengasingan radiokimia
Elemen/Kimia		ICP-MS XRF Asai (penitratan, IDMS)	GC/MS

Penyiasatan forensik nuklear secara amnya menjurus kepada informasi yang dibawa oleh bahan nuklear tersebut. Bahan nuklear biasanya berasal daripada punca antropogenik iaitu hasil daripada pemprosesan bahan nuklear. Bahan nuklear boleh diperolehi sama ada daripada proses perlombongan uranium atau proses tangkapan neutron (dalam reaktor). Proses yang dilalui semasa pengeluaran bahan nuklear ini akan menentukan komposisi unsur, isotopik, mikroskopik dan makroskopik bahan tersebut (Mayer et al. 2005). Kesemua parameter tersebut boleh diukur menggunakan teknik analitik tertentu (Foto 2). Sesetengah parameter pula boleh digabungkan dan dikenali sebagai cap jari nuklear yang menggambarkan mod pengeluaran bahan tersebut. Selain daripada itu, istilah tanda pengenalan (*signatures*) digunakan. Ia menggambarkan ciri bahan seperti isotopik, kelimpahan, kepekatan unsur, bentuk fizik dan kimia dan dimensi fizikal yang boleh digunakan untuk mengaitkannya dengan bahan nuklear atau bahan radioaktif lain, terhadap individu, lokasi dan proses (Keegan et al. 2016).

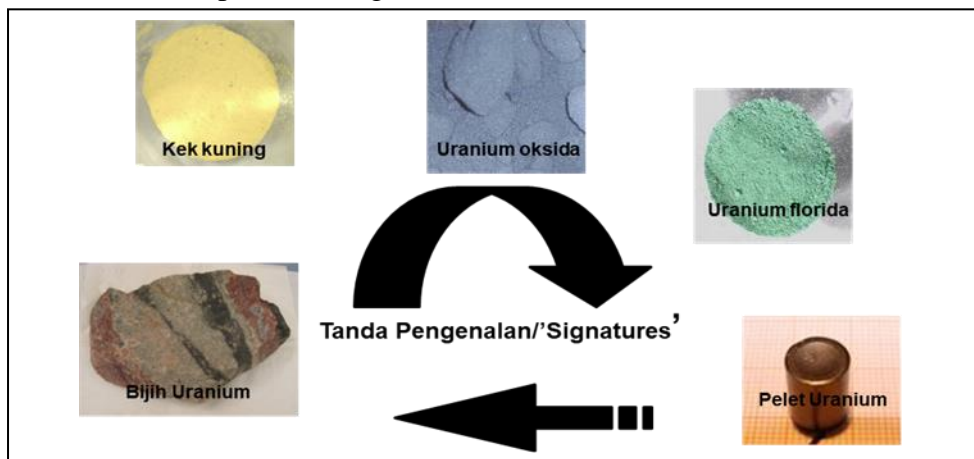


Foto2 Pengenalpastian tanda pengenalan/*signatures* bahan nuklear yang dirampas adalah faktor penting dalam mengenal pasti asal-usul bahan tersebut

Secara umumnya, analisis forensik nuklear bukanlah satu analisis yang mudah kerana ia melibatkan pendekatan lelaran (*iterative approach*) dengan keputusan yang diperolehi daripada satu analisis digunakan sebagai panduan untuk analisis yang seterusnya (Hutcheon et al. 2015). Teknik analitikal yang digunakan dalam penyiasatan forensik nuklear boleh dikategorikan kepada dua iaitu kaedah kimia gunaan dan analitikal fizik dan kaedah radioanalitikal. Jadual 2 menunjukkan ringkasan teknik analitikal yang biasa digunakan dalam penyiasatan forensik nuklear.

Jadual 2 Ringkasan Teknik Analisis yang Digunakan Dalam Forensik Nuklear (Mayer et al. 2004 & Keegan et al. 2015).

Teknik/ Kaedah	Jenis Alat	Kegunaan
Analisis Pukal	Pendarfluor Sinar-x (<i>x-ray Fluorescence, XRF</i>) dan Belauan Sinar-x (<i>x-ray Diffraction, XRD</i>),	Pencirian komposisi unsur dan isotopik bahan pukal
	Spektrometri Plasma Berganding (secara Aruhan (<i>Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry, ICPMS</i>), Spektrometer Gama, Spktrometri Jisim Penginonan Terma (<i>Thermal Ionization Mass Spectrometry, TIMS</i>),	Mengesan unsur surih dalam bahan
Pengimejan	Mikroskopi Optik	Menentukan kehomogenan dan keheterogenan sampel
	Mikroskop Imbasan Elektron (<i>Scanning Electron Microscopy, SEM</i>)	Penilaian morfologi dan mikrostruktur
Mikroanalisis	Spektrometri Jisim Ion Sekunder (<i>Secondary Ion Mass Spectrometry, SIMS</i>)	Pencirian kuantitatif dan semi-kuantitatif juzuk-juzuk dalam bahan pukal
	Mikroanalisis sinar-x	Analisis lapisan dan penyalutan

Selain analisis yang menjurus kepada bahan nuklear, kaedah forensik tradisional juga amat penting dalam penyiasatan forensik nuklear. Forensik tradisional dijalankan untuk tujuan pendakwaan dan bermatlamat untuk mengenal pasti individu serta mengaitkan perhubungan antara lokasi kejadian, peristiwa dan individu. Ia adalah berdasarkan prinsip Locard yang menerangkan apabila dua objek bertemu, terdapat pertukaran bahan di antara kedua-duanya (Meyer et al. 2007). Bahan surih yang biasa terlibat dalam pertukaran di tempat kejadian jenayah dan biasa disiasat di makmal forensik adalah cap jari, DNA, fiber, rambut, tanda alat, kaca, tumbuhan, tanah atau cat. Satu kes yang berlaku di Karlsruhe, Jerman pada Februari, 1997, analisis bahan bukan nuklear yang diambil dari tempat kejadian menjadi kunci kepada penemuan asal usul dua logam beradioaktif. Logam tersebut dicemari dengan partikel uranium oksida (uranium diperkaya rendah, LEU dan uranium diperkaya tinggi, HEU) dengan sedikit produk pembelahan. Hasil analisis unsur ke atas logam tersebut menunjukkan ia adalah keluli tahan

karat yang berasal sama ada dari Eropah Timur atau Russia. Dimensi fizikal keluli tahan karat tersebut berpadanan dengan bahagian atas dan tengah bahan api yang digunakan dalam reaktor BN-600 dan reaktor penyelidikan BN-10 buatan Russia (Keegan et al. 2016).

4. Interpretasi Data

Maklumat yang diperolehi hasil daripada analisis forensik nuklear daripada bahan nuklear yang tidak diketahui boleh dibahagikan kepada dua iaitu maklumat endogenik dan eksogenik (Mayer et al. 2007). Maklumat endogenik boleh terus difahami dan kemungkinan hanya memerlukan pengiraan model ringkas bagi membantu interpretasi data. Sebaliknya, bagi maklumat eksogenik data perlu dibandingkan dengan data daripada sampel yang diketahui asal-usulnya. Ketersediaan maklumat rujukan atau perbandingan sampel adalah perlu bagi interpretasi data seperti ketidaktulenan kimia atau komposisi isotopik juzuk minor. Biasanya, interpretasi dijalankan secara berperingkat dan fokus pertama adalah pada tanda pengenalan yang jelas (seperti komposisi isotopik U) dan kemudian diteruskan kepada tanda pengenalan yang lebih halus (seperti unsur surih dan ciri fizik) dan akhir sekali tanda pengenalan kolateral yang ditemui (seperti dalam bungkusan) (Hutcheon et al. 2013).

Cabaran utama dalam interpretasi data adalah kebolehcapaian terhadap data rujukan. Sekiranya terdapat satu pengkalan data yang lengkap mengenai bahan nuklear, pengeluaran, jenis bahan nuklear yang dikeluarkan, komposisi isotopik dan sebagainya ia dapat memudahkan interpretasi data dan seterusnya memudahkan kesimpulan dibuat. Walau bagaimanapun, sesetengah data (seperti ketidaktulenan kimia) adalah sangat sensitif dari segi komersial dan kebolehcapaiannya adalah sangat terhad (Mayer et al. 2007). Data berkaitan bahan nuklear gred senjata nuklear misalnya, adalah mustahil untuk diperolehi kerana ia amat sensitif dan sulit dari segi keselamatan negara dan ia tidak dikongsikan. Untuk itu, program kerjasama serantau dan antarabangsa adalah sangat penting dalam bidang forensik nuklear. Pertukaran maklumat dan data rujukan dapat memudahkan proses interpretasi data dan memudahkan untuk melakukan kesimpulan forensik nuklear.

5. Peranan IAEA dan Negara Ahli

Pihak IAEA menyediakan sokongan kepada negara ahli dalam usaha mengadakan dan memantapkan infrastruktur sekuriti nuklear yang efektif termasuk kapabiliti dalam forensik nuklear. Dalam menyokong negara ahli membangunkan kapabiliti teknikal, IAEA menyediakan:

- i) Bantuan teknikal bagi persediaan menjalankan pemeriksaan forensik nuklear dalam konteks penyiasatan apabila berlaku insiden sekuriti nuklear. Pertimbangan utama termasuk prosedur melibatkan mengumpulan dan pemeliharaan bahan bukti serta aturan penganalisan di makmal bermula dari analisis tanpa musnah ke analisis yang melibatkan pemusnahan sampel.
- ii) Latihan yang meningkatkan kesedaran forensik nuklear dalam menghalang dan kewajaran tindakan apabila berlaku kejadian sekuriti nuklear, melengkapkan pasukan tindakan dalam mengumpulan bahan bukti bagi menyokong penyiasatan forensik

nuklear termasuk membangunkan *chain of custody* dan juga mengarahkan pasukan dengan metodologi forensik nuklear yang terkini.

- iii) Peluang penyertaan dalam projek penyelidikan koordinasi IAEA bersama para penyiasat terbaik bidang forensik nuklear yang secara tidak langsung mempromosikan analisis forensik nuklear dari konteks sains
- iv) Konsultansi dan pandangan saintifik bagi membantu negara ahli dalam pembangunan dan pengukuhan kapabiliti forensik nuklear kebangsaan yang menggunakan fasiliti sediaada dan mengenalpasti pakar bidang (*subject matter expert*) dalam sains nuklear, penguatkuasa undang-undang dan sekutiri nuklear.

Dalam mengiktiraf faedah dan kebaikan kapabiliti forensik nuklear dalam mengimplemintasi infrastruktur sekuriti nuklear peringkat nasional, pertamanya IAEA telah menerbitkan panduan teknikal bidang ini dalam IAEA Nuclear Security Series No. 2, *Nuclear Forensics Support* pada tahun 2006 berdasarkan pendekatan am dalam melaksanakan pemeriksaan forensik nuklear yang dibangunkan oleh Kumpulan Kerja Teknikal Antarabangsa Forensik Nuklear (*Nuclear Forensics International Technical Working Group - ITWG*). Pada tahun 2015, pihak IAEA menerbitkan buku panduan kedua dalam IAEA Nuclear Security Series No. 2-G (Rev. 1), *Nuclear Forensics in Support of Investigations Implementing Guide*.

6. Kesimpulan

Forensik nuklear adalah satu cabang bidang sains baru yang kepentingannya tidak boleh dipertikaikan lagi terutamanya apabila melibatkan perkara berkaitan keselamatan nuklear. Kini, forensik nuklear merupakan alat yang penting bagi mengenal pasti asal usul dan kegunaan bahan nuklear yang ditemui berada diluar kawalan undang-undang. Pendekatan analitikal dan interpretasi daripada data pengukuran forensik nuklear adalah sistematik dan kini, metodologinya semakin matang yang memberikan keputusan yang boleh dipercayai. Justeru, aktiviti pembangunan yang berterusan dan pengukuhan bidang forensik nuklear di peringkat setempat dan antarabangsa adalah penting dalam menghalang aktiviti perdagangan haram bahan nuklear dan seterusnya menghapuskan ancaman pengganas nuklear.

6. Rujukan

- Hutcheon, I., Kristo, M. & Knight, K. 2015. Nonproliferation nuclear forensics. In: Burns 262 PC, Sigmon GE (eds) Uranium: Cradle to Grave. Mineralogical Association of Canada Short 263 Course 43:7-14
- Glasser, A. & Bielefeld, T. 2008. Nuclear forensic, capabilities, limit and the 'CSI effect'. https://www.princeton.edu/~aglaser/talk2008_forensics.pdf. [5 Januari 2008].
- Karpas, Z. 2015. *Analytical chemistry of uranium*. Florida: CRC Press.
- Keegan, E., Kristo, M.J., Toole, K. Kips, R. & Young, E. 2016. Nuclear Forensics: Scientific analysis supporting law enforcement and nuclear security investigations. *Analytical Chemistry*, 88:1496-1505.

- IAEA, 2006. Nuclear forensic support. IAEA Nuclear Security Series No. 2. Vienna. International Atomic Energy Agency.
- IAEA, 2015. Nuclear forensic in support investigation. IAEA Nuclear Security Series No. 2-G (Rev. 1). Vienna. International Atomic Energy Agency.
- Mayer, K., Wallenius, M. & Ray, I. 2005. Nuclear forensics – a methodology providing clues on the origin of illicitly trafficked nuclear materials. *Analyst*, 130: 433-441.
- Mayer, K. Wallenius, M. & Fanghanel, T. 2007. Nuclear forensic science- From cradle to maturity. *Journal of Alloys and Compounds*, 444-445: 50-56.
- Mayer, K. & Wallenius, M. 2009. Nuclear forensic. *Radiochemistry and Nuclear Chemistry*. United Kingdom: EOLSS Publisher Co. Ltd.

**8th ASIA-OCEANA NEUTRON SCATTERING ASSOCIATION (AONSA)
NEUTRON SCHOOL – BHABHA ATOMIC RESEARCH CENTRE,
MUMBAI, INDIA**

Oleh

Norfarizan Mohd Said

Pusat Teknologi Reaktor,

Agensi Nuklear Malaysia, 43000 Kajang, Selangor, Malaysia.

The 8th Asia-Oceania Neutron Scattering Association (AONSA) Neutron School was organized by Bhabha Atomic Research Centre, Mumbai in association with Neutron Scattering Society of India, AONSA and International Atomic Energy Agency (IAEA). This neutron school was sponsored by the Board of Research in Nuclear Sciences, Department of Atomic Energy, Government of India.

The school was held at Training School Hostel, Anushaktinagar, Mumbai, India from 15 to 19 November 2016. It was attended by 14 international participants including three representatives from Malaysia, five from Indonesia, one from Vietnam, one from Bangladesh, three from Korea and one from Japan; and about 30 local participants. The previous schools were successfully held at Japan (2015), Indonesia (2014), China (2012), Australia (2011), India (2010), Australia (2009) and Korea (2008).

The school program comprised of theoretical lectures as well as hands-on experiments delivered in five days aiming for young researchers working in the area of neutron scattering. Total up to 45 presentations were presented throughout the school covering all important aspects of neutron scattering including facilities, science and applications. The lectures on basic theories of neutron scattering techniques are given by the experts, mostly from the Asia-Oceania region. The scope of the lectures including diffraction, small-angle scattering, reflectometry, inelastic scattering and quasielastic scattering. The lectures during the school were also emphasized the application of neutron scattering techniques to the area of strongly correlated electron systems, critical phenomena and phase transitions, functional materials, nanomaterials, amorphous materials and liquids, soft matter and biological systems, energy and green materials, thin films and multilayers and neutron instrumentation.

The hands-on experiments were held at the National Facility for Neutron Beam Research (NFNBR), operated by the Solid State Physics Division (SSPD), Bhabha Atomic Research Centre (BARC), Mumbai. It has been built around Dhruva Research Reactor. Dhruva is a 100 MW natural uranium fueled thermal reactor with peak thermal flux of 1.8×10^{14} n/cm²/sec. The neutron scattering facilities are extensively used by SSPD scientists as well as by a large number of other users all over India including the universities. There are eight instruments in the reactor hall and four in the Guide-tube laboratory. Every participant has been arranged in groups and each group is scheduled to perform the hands-on experiments at two instruments. The instruments available for the experiments were Powder Diffractometers, High-Q Diffractometer, Single Crystal Neutron Diffractometer, Quasi Elastic Neutron Scattering, Triple Axis Spectrometer, Polarized Neutron Spectrometer, Small Angle Neutron Scattering and Polarized Neutron Reflectometer.



Participants, experts and instructors of 8th AONSA Neutron School at Dhruva Research Reactor. International participants of 8th AONSA Neutron School.

In general, the school had given all the participants the opportunity to learn and work together with the experts in gaining theoretical and practical knowledge in the area of neutron scattering and its applications. Involvement of the participants in group discussion and hands-on experiments was very vigorous due to various individual research areas and background. In particular, it is a great pleasure for me to be selected as one of the participants of 8th AONSA Neutron School. I'm a novice in the neutron field as my background is Computational Mathematics. From this school, I learned a lot of basic theories related to neutron scattering techniques throughout the series of lectures. The hands-on experiment sessions were very fruitful as I could get to know more about the instruments and how to handle the data analysis especially for diffractometers. The knowledge and experienced in Dhruva will definitely be applied to my current work of designing the model of neutron optic and experiment setting.

Besides the successful event of the neutron school, the Mumbai city which is previously known as Bombay, itself left the fondest memories. We have the occasions of testing the marvelous authentic Indian foods in special dinners at the selected hotels arranged by the organizer. With the help of local participants that gladly took us for a walk in the city of Mumbai, we experienced the chaotic streets and vibrant of the city as we have the opportunities of taking the crowded local train and auto-rickshaw as we always saw in the Bollywood movies. We also got a chance to go sightseeing and visiting fascinating tourist attraction places such as the Gateway of India, Taj Mahal Hotel and Marine Drive.



In local train



Taj Mahal Hotel

DEBAT NUKLEAR 2017 – KELASTARIAN PEMIKIRAN UNTUK KEAMANAN DAN KESEJAHTERAAN

Oleh

Mohd Idzat Idris

*Program Sains Nuklear, Universiti Kebangsaan Malaysia,
43300 Bandar Baru Bangi, Selangor, Malaysia.*

Idea asal untuk menganjurkan pertandingan debat nuklear telah diutarakan oleh mantan ketua pegawai eksekutif Malaysia Nuclear Power Corporation (MNPC), Dr. Zam Zam bin Jaafar ketika menghadiri International Nuclear Science, Technology and Engineering Conference (iNuSTEC) yang diadakan di UiTM, Shah Alam pada tahun 2016. Sehubungan dengan itu, Malaysia Nuclear Society (MNS) mengambil langkah bagi menjayakan hasrat ini dengan mencadangkan bahawa debat ini diadakan di peringkat universiti. Program Sains Nuklear, Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) telah menawarkan diri bagi merealisasikan impian ini. Setelah beberapa kali perbincangan, tarikh 12-13 April telah dipilih bagi pertandingan tersebut yang ditaja oleh MNPC, MNS dan UKM sendiri. Sebanyak 12 pasukan dari 5 universiti telah menyertai pertandingan ini yang julung kalinya diadakan. Universiti tersebut adalah Universiti Tenaga Nasional (Uniten), Universiti Sains Islam Malaysia (USIM), Universiti Teknologi Mara (UiTM), Universiti Malaya (UM) dan UKM.

Pertandingan ini diadakan bertujuan mengumpulkan siswazah universiti dalam satu platform bagi membahaskan isu-isu semasa nuklear untuk meningkatkan kesedaran tentang kepentingan sains dan teknologi nuklear yang strategik ini demi pembangunan dan kemajuan negara Malaysia serta memberi kefahaman tentang nuklear sebagai salah satu sumber tenaga masa depan. Dengan ini, ia boleh mencungkil bakat-bakat yang khusus dalam bidang tersebut selain menyebarkan percambahan ilmu dan fikiran kritikal untuk menaikan tahap kesedaran umum tentang kepentingan sains dan teknologi nuklear bagi tujuan keamanan di kalangan mahasiswa.

Dengan tema “Nuklear Untuk Keamanan”, pertandingan yang berformatkan ala parlimen ini juga menawarkan Piala Pusingan Noramly Muslim untuk pemenang, sebagai menghargai jasa Profefor Emeritus Noramly Muslim yang dianggap sebagai bapa nuklear di Malaysia. Antara isuisu yang dihujahkan dalam pertandingan ini ialah nuklear untuk pembangunan lestari, penerimaan orang awam terhadap penggunaan tenaga nuklear untuk penjanaan tenaga elektrik, nuklear untuk pendidikan dan penyelidikan dan penggunaan tenaga nuclear wajar diletakkan di dalam agenda Transformasi Nasional 2050 (TN50). Pertandingan ini dibahagi kepada dua kumpulan dan bertanding secara liga. Format pemarkahan telah ditetapkan oleh pihak juri dan dua universiti teratas dari setiap kumpulan akan merebut tempat bagi pertandingan akhir. Lebih menarik lagi, juri-juri yang dijemput ini datang dari juri professional yang akan mengadili format dan gaya perdebatan. Malah juri-juri dari pihak Agensi Nuklear Malaysia dan MNPC juga turut dijemput bagi menilai hujah dan fakta berkenaan dengan sains dan teknologi nuklear.

Menurut ketua Program Sains Nuklear, UKM, Professor Madya Dr. Faizal Mohamed, ada beberapa perkara yang perlu diketengahkan dalam agenda negara dan antaranya ialah tentang teknologi nuklear yang pastinya membantu dalam pembangunan negara dan keharmonian sejagat.

Tambah beliau lagi, dengan adanya pertandingan debat nuklear seperti ini, ia menjadi satu platform yang baik bagi mencadangkan supaya didengari oleh pihak kerajaan agar satu hari nanti tenaga yang terhasil dari nuklear dapat diaplikasikan di negara ini. Menurut Presiden Persatuan Nuklear Malaysia, Prof. Madya Dr. Aziz Mohamed, beliau amat berpuas hati dengan anjuran debat nuklear ini walaupun ianya dibuat dalam masa yang singkat. Menurut beliau lagi, orang awam khususnya pelajar universiti harus membahaskan isu nuklear ini secara ilmiah bagi perkembangan ilmu secara amnya terutama selepas tragedi Fukushima. Beliau menambah, generasi muda nuklear di Malaysia seharusnya diberi kesempatan untuk mengutarakan pendapat dan pandangan mereka dalam membentuk arah tuju dan haluan Negara dalam sains, teknologi dan kejuruteraan nuklear. Mereka adalah warisan Negara dalam sains dan teknologi nuklear pasca 2030.



Juara bagi pertandingan Debat Nuklear 2017 yang kali pertama dianjurkan ini ialah Universiti Malaya yang menewaskan Universiti Kebangsaan Malaysia dengan kemenangan tipis 3-2 melalui keputusan juri professional. Menurut ketua pasukan UM, ini adalah kenangan manis mereka memandangkan pertandingan debat bertajuk nuklear adalah perkara baru di Malaysia dan mereka hanya mempunyai masa kurang 2 minggu untuk persediaan disamping jadual kuliah yang padat. Menariknya, kesemua peserta akhir bukan dari kalangan pelajar sains atau kejuruteraan nuklear. UM terdiri daripada Nur Aidani Halim (Statistik), Shahidil Sanil (Perubatan), Karmilah Khairunnisa Adi (Ekonomi), Sharul Syafie Zariman (Media), and Tuan Amira Nadiyah Tuan Yunazri (Undang-undang). Manakala UKM terdiri daripada pelajar undang-undang: Mohd Shuhairil Ziqrul Sapi, Jason Cheong Kah Lok, and Muhammad Nurhaziq Abdullah.



Bagi menghargai jasa dan sumbangan ahli jawatankuasa Debat Nuklear 2017 yang diadakan di UKM buat pertama kalinya di Malaysia, pihak MNS berbesar hati untuk mengadakan jamuan bagi meraikan mereka yang terlibat. Jamuan yang diadakan di Bangi Golf Resort ini juga turut menjemput pelajar tahun akhir Program Sains Nuklear, UKM bagi mengeratkan lagi hubungan antara pelajar dan persatuan. Jamuan ini ditaja sepenuhnya oleh MNS sendiri dan hadiah sumbangan turut diberikan kepada AJK yang menjayakan pertandingan debat ini.



IAEA FELLOWSHIP TRAINING ON MINERAL CHARACTERISTIC AND ORE PROCESSING

By

Khaironie Mohd Takip

Agensi Nuklear Malaysia, 43000 Kajang, Selangor, Malaysia.

The exploration and processing of radioactive minerals in Indonesia has been carried out by Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) since the 1960s. Several potential locations of radioactive mineral availability throughout Indonesia and the mineral processing technology have been mastered. With its superiority over other countries in Southeast Asia makes BATAN selected by the IAEA as the host for fellowship training in the field of radioactive minerals.

From 1 to 28 February 2017, a month's fellowship training program on Mineral Characteristic and Ore Processing was held at Center for Nuclear Minerals Technology (PTBGN) in the Pasar Jumat Nuclear Complex, Jakarta Selatan with the aim to exchange knowledge and experiences in radioactive minerals exploration and ores processing activities. The participants of the training included two Malaysian's fellows, Khaironie Mohamed Takip (Malaysian Nuclear Agency) and Vui Chung Wong (Mineral and Geoscience Department Malaysia), and the employees of Center for Nuclear Minerals Technology.

The opening ceremony was officiated by Head of PTBGN-BATAN, Ir. Agus Sumaryanto. Generally, the training program was divided into two parts, mineral characteristic and ore processing. Both parts of training included lectures, discussions and 'hands-on' basic skills training. The program began with presentations on exploration and radioactive mineral processing activities in Indonesia. This was followed by presentations on similar activities conducted in Malaysia from Malaysian fellowship participants. Others presentations were on mineral resources and rare earth provinces in Indonesia, petrographic analysis, heavy mineral analysis, ore analysis using Induced Couple Plasma (ICP) and X-Ray Fluorescent (XRF), advanced analysis using X-Ray Diffraction (XRD), Scanning Electron Microscope (SEM) and Raman Spectroscopy. All those activities were carried out at PTBGN-BATAN's facilities in Pasar Jumat Nuclear Complex. In addition to that, fellowship participants were also brought to visit Center for Science and Technology of Advance Materials (PSTBM)-BATAN's laboratory facilities in Serpong Nuclear Complex and Center for Accelerator Science and Technology (PSTA)-BATAN's rare-earth pilot plant facility in Yogyakarta Nuclear Complex too.



The training was very educational where participants manage to grasp a better insight on subjects related to exploration methodologies, analysis and research works on radioactive minerals based on BATAN experiences. This training was sufficed to give participants some basic knowledge and information on related subjects. Most importantly, a closer tie between the fellowship participants and the host institution (BATAN) was fostered through this training.

NUCLEAR YOUTH COMPETITION (NYC) 2017

By

¹Anas M Pauzi and ²Sakesh Raj

¹Nuclear Energy Centre, College of Engineering, Universiti Tenaga Nasional, 43000 Kajang, Selangor, Malaysia.

²Nuclear Engineering Student Society, Nuclear Engineering Programme, Universiti Teknologi Malaysia, 81310 Skudai, Johor, Malaysia.

From 25th until 27th of September 2017, the 3rd Nuclear Youth Competition was held successfully in conjunction with the International Nuclear Science, Engineering and Technology (iNuSTEC) 2017. A total of 30 participant studying in fields related to nuclear from 3 universities which are Universiti Tenaga Nasional (UNITEN), Universiti Teknologi Malaysia (UTM), and Universiti Teknologi Mara (UITM) participated in the competition. The purpose of the competition is to equip young nuclear scientist and engineer with presentation skills in communicating issues related to nuclear technology with the community. Nuclear science has a very low exposure for the general Malaysian public and is always misinterpreted. This year NYC continues the same format as the previous 2 NYC's but with slight differences where the participants was given a training on presentation skills by the Teaching and Learning Centre (TLC) of UNITEN. This provides great opportunity for the participants to learn and improves their presentations skills. This year, the judges for NYC are from nuclear industry and also language experts so they can evaluate the participants from facts and skills. The judges are Prof Masaki Saito from Tokyo Institute of Technology (Tokyo Tech), Dr. Shamsul Amri Sulaiman from Tenaga Nasional Berhad (TNB), Prof. Dr. Ir. Nahrul Khair Alang from Universiti Teknologi Malaysia (UTM) and finally Dr Thaharah from Universiti Tenaga Nasional (UNITEN). This year, the champion team was present topic on Nuclear Risk Communication and the best presenter is Ahmad Imran Bin Kamarudzaman from Universiti Teknologi Mara. NYC 2017 is a great program that will continues in upcoming years. Maybe in future more participants will join and gain the experiences and skills needed. Finally, special thanks for Yayasan Chancellery UNITEN, Tenaga Nasional Berhad and Malaysia Nuclear Society for sponsoring NYC this year.



Figure 1: Judges for NYC (from left: Prof Saito (Tokyo Tech), Dr Shamsul (TNB), Prof Nahrul (UTM) and Dr Thaharah (UNITEN)



Figure 2: Judges (Prof. Saito, Tokyo Tech) gives comments after each presentation.



Figure 3: Presentation by group 3 on the Future of Nuclear Power.



Figure 4: Ahmad Imran Bin Kamarudzaman from UITM presenting his presentation that had won 1st place.



Figure 5: Comment from NYC 2017 chairman, Mr Anas Pauzi.



Figure 6: Place giving ceremony by AP Dr. Agileswari K. Ramasamy, Deputy Dean Research of the College of Engineering, UNITEN (2nd left) and accompanied by AP Dr Abdul Aziz Mohamed, President Malaysian Nuclear Society (left).

FUSION AS FUTURE NUCLEAR ENERGY SOURCE

By

Faridah Mohd Idris (PhD)

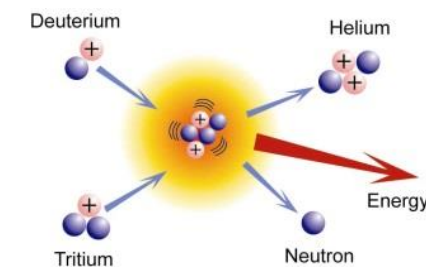
Reactor Interest Group

Agensi Nuklear Malaysia, 43000 Kajang, Selangor, Malaysia.

What is Nuclear Fusion

As oppose to nuclear fission, nuclear fusion merge two light nuclei together to release energy the process. Two light nuclei are hydrogen isotopes deuterium 2_1H and tritium 3_1H are merged to form helium 4_2He and neutron and released energy which has the potential to be harness for commercial purposes.

Fusion is not uncommon in nature. The solar energy is powered by fusion process. At the centre of the sun, where its pressure is million of times more than the surface of the earth and the temperature reaches more than 15 million Kelvin, every second, 600 million tons of hydrogen are being converted into helium though fusion process. The fusion process at the centre of the sun releases a tremendous amount of heat and energy which reaches the earth to warm and activates life on earth



An Illustration of nuclear fusion process.

Why is nuclear fusion so viable as the source of energy for the future? Its fuel i.e. hydrogen is so abundant in ordinary sea water as to make it effectively inexhaustible, it not has no radioactive waste in fuel cycle, it is inherently is safe and it does not emit green house gasses.

Tokamak

To duplicate the fusion process in a laboratory, scientists and engineers have developed and built devices such as tokamak and dense plasma focus to study the fusion process. A tokamak (Russian: *токамак*) is a device that uses a powerful magnetic field to confine plasma in the shape of a torus. Tokamak in Russian means “toroidal chamber with magnetic coils”, in conjunction with two Russian researchers who, in 1968, succeeded in attaining temperature levels and plasma confinement times. Examples of tokamak devices in the world are as follows:

- ADITYA (tokamak), Institute for Plasma Research, India
- Alcator C-Mod, Massachusetts Institute of Technology, United States
- ASDEX Upgrade (Axialsymmetrisches Divertorexperiment), Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Garching, Germany
- COMPASS, Institute of Plasma Physics AS CR, Czech Republic, Prague

- DIII-D, General Atomics, United States
- EAST (Experimental Advanced Superconducting Tokamak), Hefei, People's Republic of China
- JT-60, JAERI, Japan
- JET (Joint European Torus), Culham, UK
- KSTAR, National Fusion Research Institute, Republic of Korea

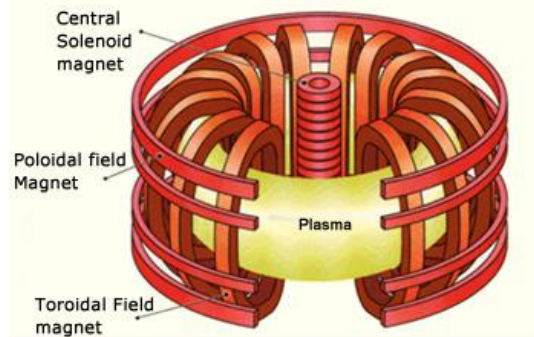


Figure 1 : Tokamak configuration. The toroidal and the poloidal field magnets as well as current in the plasma itself produce the main magnetic field. The central solenoid drives the current in the plasma through transformer action

Source: https://www.iter-india.org/fusion-energy/fusion_experiments_2.htm

Dense Plasma Focus

A Dense Plasma Focus (DPF) is a device that can generate, accelerate and pinch a plasma by electromagnetic forces. Dense Plasma Focus Device is considered a small fusion device when the deuterium gas inside its chamber is pinched by electromagnetic field to form fusion reaction at high temperature in pulse mode.

The DPF is driven current from the energy released by a capacitor operating at high voltage. When the capacitor charge is maximum, it will release its energy that will drive the current into the electrode inside the gas chamber of the device. The deuterium 2_1H gas that is compressed in its gas chamber were fused together to produced helium, neutron and energy during the pinch.



Dense plasma focus (DPF) device of Mather type at Malaysian Nuclear Agency

Technical Meeting on Fusion

The Second Technical Meeting on Fusion Data Processing, Validation and Analysis was held on 30 May 2017 - 2 June 2017 at Massachusetts Institute of Technology (MIT), Cambridge, Massachusetts, United States of America. The objective of the meeting was to discuss on the

current advances of research on nuclear fusion technology. The meeting was attended by more than 55 participants from around the world. Various aspects on data validation, processing and modeling of the tokamaks were presented and discussed by experts.

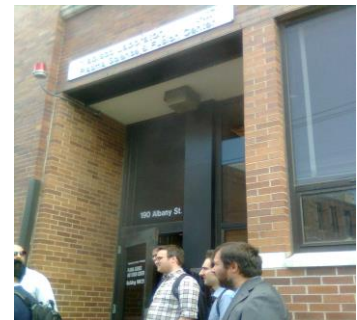
The Plasma Science and Fusion Center (PSFC) of MIT was the local organizer of the meeting. PSFC hosts the tokamak Alcator C-Mod, an experimental device considered future fusion reactors in carrying out research on nuclear fusion since 1993. C-Mod is the world's only compact, high-magnetic field, diverted tokamak. The C-Mod holds the record for highest volume average plasma pressure in a magnetic confinement device. It could go up to 160,000 times the Earth's magnetic field to create the dense, hot plasmas, which are greater than 100 million degrees. Following completion of operations at the end of September, 2016, the facility has been placed into safe shutdown. There is a wealth of data archived from the more than 20 years of operations for the experimental and theoretical teams to continue to analyze the results and publish them in the scientific literature.



Participants of IAEA TM Meeting on Fusion at Samberg Conference Center, MIT



View of Charles River from the Samberg Conference Center, MIT



Plasma Science and Fusion Center, MIT, in Albany Street, Cambridge MA



MIT Museum, showcasing success projects from MIT graduates.



University Park @ MIT



William Baron Rogers Fowler MIT Building in Massachusetts Avenue Street, Cambridge

Related Links:

- 1) 3D tour at Alcator Mod at Plasma Science and Fusion Center (PSFC), MIT, pls go the following url: <http://news.mit.edu/2016/alcator-c-mod-tokamak-nuclear-fusion-world-record-1014>
- 2) Breakthrough in Nuclear Fusion: <https://www.youtube.com/watch?v=KkpqA8yG9T4>