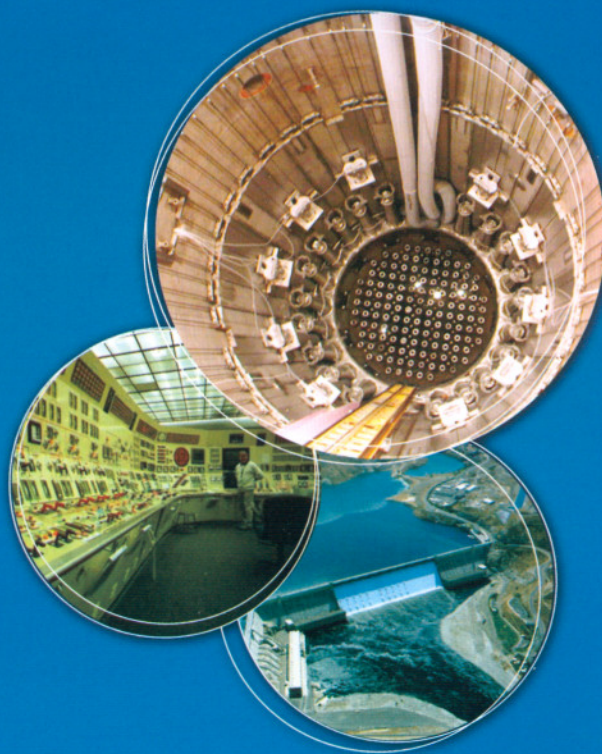




**mosti**

**NUKLEAR**  
MALAYSIA

Agensi Nuklear Malaysia,  
Bangi, 43000 Kajang,  
Selangor Darul Ehsan

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

ISSN 1985 - 3866



Mei 2009

# Kandungan

## Sekapur Sirih

Sekapur Sirih daripada Ketua Pengarah Agensi Nuklear Malaysia

01

## Surat Dari Peter Davis

02

## Sisa Nuklear Berpotensi Menjana Kuasa Untuk Britain

05

## Kemalangan Reaktor

Impaknya Besar, Kebarangkaliannya Kecil

07

## Mengapa Chernobyl Tidak Akan Berlaku di Amerika Syarikat

Terjemahan Artikel untuk Warta Nuklear

10

## Kuasa Nuklear

Penggunaan dan Penerimaannya di Malaysia

12

# Sidang Editor

## Penaung

Datuk Dr. Daud Mohamad

## Ketua Editor

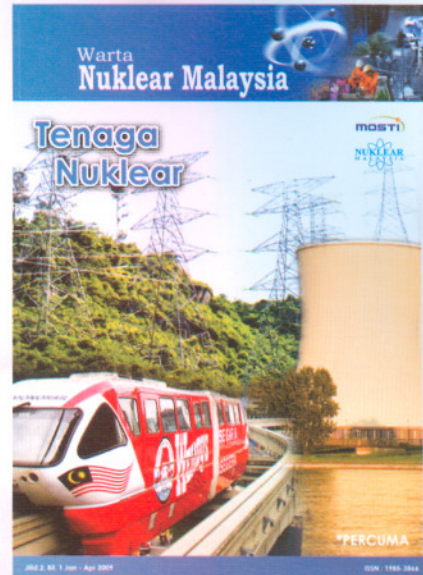
Samsurdin Ahamad

## Editor

Dr. Khairuddin Abdul Rahim  
Muhammad Jamal Md. Isa

## Penerbitan

Normazlin Ismail  
Zainudin Abdul Rahman



## Sejarah

Agensi Nuklear Malaysia (Nuklear Malaysia) berfungsi memenuhi wawasan kerajaan untuk memperkenalkan dan mempromosi penggunaan sains dan teknologi nuklear dalam pembangunan negara.

Nuklear Malaysia telah ditubuhkan pada 19 September 1972, ketika itu ia dikenali sebagai Pusat Penyelidikan dan Aplikasi Tenaga Nuklear (CRANE), dan kemudian dinamakan semula sebagai Pusat Penyelidikan Atom Tun Ismail (PUSPATI).

Pada Jun 1983, PUSPATI diletakkan di bawah Jabatan Perdana Menteri dan dikenali sebagai Unit Tenaga Nuklear (UTN). Ia dipindahkan ke Kementerian Sains, Teknologi dan Alam Sekitar pada Oktober 1990, dan pada 10 Ogos 1994 dikenali sebagai Institut Penyelidikan Teknologi Nuklear Malaysia (MINT).

Pada 28 September 2006, MINT sekali lagi diberi identiti baru, iaitu sebagai Agensi Nuklear Malaysia (Nuklear Malaysia). Terletak pada kedudukan strategik merangkumi pusat pendidikan tinggi, kolej dan institut latihan kebangsaan, di sam-ping berhampiran dengan pusat pentadbiran negara, Putrajaya dan pusat koridoraya multimedia, Cyberjaya. Nuklear Malaysia semakin gah melaksanakan aspirasinya.

## Peranan

Agensi Nuklear Malaysia (Nuklear Malaysia) adalah sebuah agensi yang mantap dalam bidang penyelidikan dan pembangunan (R&D) sains dan teknologi.

Kewujudannya amat sinonim dengan pembangunan, perkembangan dan kemajuan sains dan teknologi nuklear di Malaysia.

Semenjak penubuhannya, Nuklear Malaysia telah diamanahkan dengan tanggungjawab memperkenalkan dan mempromosi sains dan teknologi nuklear dalam pembangunan negara. Hingga ke hari ini Nuklear Malaysia kekal penting sebagai sebuah organisasi yang cemerlang dalam bidang saintifik, teknologi dan inovasi.

Nuklear Malaysia memainkan peranan penting dalam menyediakan kualiti dan penyelidikan yang cemerlang untuk menjana teknologi baru secara meluas bagi memenuhi keperluan pelbagai aplikasi teknologi nuklear. Kemampuan ini diperoleh berdasarkan latihan dan disiplin tenaga kerja profesional, infrastruktur, kejuruteraan serta makmal penyelidikan yang lengkap.

Demi mencapai kecemerlangan dalam bidang penyelidikan dan penggunaan teknologi nuklear untuk pembangunan mampan, Nuklear Malaysia menyediakan persekitaran penyelidikan yang pelbagai bagi menghasilkan pencapaian cemerlang dan membanggakan buat Nuklear Malaysia. Cita-cita untuk menjadi sebuah agensi nuklear yang terunggul, bermutu dan cemerlang akan kekal berterusan.



**Sekapur Sirih daripada  
Ketua Pengarah  
Agensi Nuklear Malaysia**

**S**ecara sedar atau tidak, kita terpaksa akur kepada senario global yang mewarnai dunia kita kini dengan pelbagai peristiwa, yang sebahagiannya di luar kawalan manusia. Belum pun sempat pulih dari kesan krisis minyak, dunia kini dilanda kemelesetan ekonomi yang memberi impak besar kepada negara di seluruh dunia, tidak terkecuali Malaysia. Keadaan politik yang tidak stabil di Timur Tengah yang merupakan telaga minyak dunia turut menimbulkan kebimbangan yang berpanjangan. Kita harus sentiasa peka dan bersedia untuk menghadapi situasi getir agar kemakmuran negara berterusan.

Kini masyarakat Malaysia semakin memberi perhatian kepada isu alam sekitar terutama pencemaran udara yang sebahagian besarnya akibat pembakaran bahan api fosil dari industri, kenderaan dan aktiviti domestik. Selain tekanan ekonomi, kesedaran masyarakat menjadi pendorong utama bagi mengizinkan tenaga nuklear dipilih sebagai salah satu sumber tenaga negara. Agensi Nuklear Malaysia telah mengorak langkah persediaan bersama agensi-agensi lain yang berkaitan dalam merangka draf Dasar Nuklear Negara sebagai panduan bagi program pembangunan sektor nuklear. Dengan fikiran terbuka kita akan dapat melihat nuklear sebagai sumber tenaga yang murni, dan serasi dengan dunia yang kita diami.

**K**elangungan tamadun manusia terbina berlandaskan sifat ingin tahu, kebimbangan dan harapan. Satu fenomena biasa jika manusia takut dan bimbang pada sesuatu yang masih menjadi misteri seperti mana kali pertama mereka melihat kapal besi yang boleh terapung di laut. Loji jana kuasa nuklear memang belum kelihatan di bumi Malaysia tetapi ia adalah pemandangan biasa di Jepun, Taiwan, Korea, Eropah, Amerika Syarikat dan beberapa negara lain. Malah mungkin ramai yang tidak mengetahui di Malaysia terdapat sebuah reaktor nuklear penyelidikan yang telah beroperasi dengan selamatnya selama 27 tahun! Kesedaran ini jika diberi liputan meluas akan berupaya mengukir imej positif di ruang fikir masyarakat yang akan memandang pembinaan loji tenaga di negara ini sama sahaja seperti pembinaan loji-loji jana kuasa menggunakan gas, minyak dan arang batu.

Tenaga nuklear adalah tenaga harapan yang bersih dan boleh diharap untuk jangka masa panjang. Dapatkah kita bayangkan loji jana kuasa apakah yang akan terus beroperasi hingga ke hujung abad ini apabila simpanan gas asli, minyak dan arang batu dunia telah habis? Selain sumber hidro, yang ada pada waktu itu hanya loji jana kuasa nuklear yang disulami dengan loji jana kuasa biobahan api, lapangan kincir angin dan tenaga suria. Oleh itu amatlah praktis jika kita meneroka dan menggembelng sumber tenaga nuklear dengan sebaik-baiknya, bukan setakat sebagai pengguna malah ke tahap menghasilkan sendiri reaktor kuasa nuklear seperti yang telah dicapai oleh Jepun, Korea Selatan, Brazil dan Argentina.



**Dari  
Meja Editor**

## Surat Daripada Peter Davis

### **Kepada rakan-rakan di bidang nuklear,**

Nampaknya terdapat usaha oleh pihak-pihak tertentu yang cuba menerapkan maklumat-maklumat yang bersifat salah faham dan bertentangan dengan fakta sains moden berkaitan dengan bahaya loji kuasa nuklear dan sisa radioaktif. Pada masa yang sama kalangan ini cuba mengenengahkan idea bahawa panel solar dan kincir (turbin) angin mampu menghasilkan tenaga elektrik secukupnya bagi menggantikan bahan api fosil dan dengan ini menjadikan kuasa nuklear tidak diperlukan.

Sayugia dimaklumkan bahawa sebuah video 24 minit berunsurkan pendidikan yang diterbitkan oleh Pergerakan Belia LaRouch Amerika [<http://www.larouchepac.com/node/8022>] didapati mempunyai kredibiliti yang baik bagi menyampaikan penerangan saintifik berhubung dengan keperluan tenaga sejagat. Dalam hal ini, video berkenaan memaparkan bahawa jika keperluan tenaga sejagat diharapkan kebergantungan hanya kepada sumber-sumber solar dan angin sahaja tanpa mengambil kira penggunaan kuasa nuklear, maka dunia keseluruhannya akan mengalami proses penyusutan industri ke tahap yang primitif; manakala bilangan penduduk dunia yang mampu ditanggung hanya sekitar satu atau dua bilion berbanding dengan bilangan penduduk dunia sekarang yang telah mencecah 6.7 bilion orang. Sebuah rujukan yang menarik perhatian saya dan juga mampu memberikan hujah yang mantap berhubung perkara sama dan boleh menokok tambah maklumat yang dipaparkan dalam video berkenaan ialah sebuah kertas saintifik bertajuk "The Fraud of Free Energy"<sup>1</sup>

Pihak-pihak berkenaan terutamanya kalangan anti-nuklear dan aktivis alam sekitar sepatutnya merelakan dan membiarkan tenaga solar dan karbon dioksida dengan aman dan tenang bagi meneruskan usaha dan sumbangan terbaik yang diberikan selama ini dalam menangani kitaran makanan bumi melalui proses tabii fotosintesis yang telah disempurnakan semenjak lebih empat bilion tahun lalu. Dalam proses berkenaan, lapisan klorofil yang terdapat pada tumbuhan didapati berupaya dan terbukti menyerap dan menggunakan tenaga solar dengan cekap sekali, dan apabila bertindak balas dengan bahan organik karbon dioksida yang dicerap daripada udara, mampu menghasilkan tenaga tahap tinggi dengan sempurna, dan dengan ini mampu menampung kehidupan lestari biosfera. Hutan hujan tropika Malaysia merupakan satu contoh terbaik dengan keupayaan menampung lebih 50 juta spesis sepanjang 10,000 tahun pemanasan global dan 100,000 tahun zaman air batu. Pengeksploitasian proses tabii fotosintesis tersebut khususnya dalam 10,000 tahun pembabitannya dalam teknologi pertanian, telah terbukti berjaya

membekalkan makanan yang diperlukan kepada umat manusia yang terus meningkat, dianggarkan daripada sejumlah 300 juta semasa zaman Nabi Isa hingga mencapai angka 6.7 bilion pada masa ini.

Sepanjang zaman kehidupan manusia, pelbagai bentuk tenaga telah diguna pakai. Dalam kehidupan manusia yang maju dan serba canggih pada masa ini, lebih banyak tenaga diperlukan. Dalam hubungan ini, nampaknya Reaktor Nuklear Generasi 4 dengan kemampuan pengendalian dan penghasilan suhu tinggi dikatakan mempunyai kelebihan istimewa bagi membekalkan tenaga murah dan tiada pencemaran, diperlukan di negara-negara membangun termasuk dalam keperluan menyahgaram air laut masin. Dengan perlaksanaan proses menyahgaram air laut, air tawar akan dapat dibekalkan dengan banyak, mudah dan murah dan dengan ini, projek pertanian ilham Malaysia "Deep Tropical" dapat dikembangkan ke seluruh kawasan kering tropika dunia. Jika konsep ini dikembangkan dan dilaksanakan dengan baik, ia mampu menukar zon "Tropic of Cancer" kepada "Tropic of Capricorn" dan berupaya membekalkan makanan secukupnya kepada seluruh umat manusia.<sup>2</sup>

Betapa tenaga diperlukan dalam kehidupan manusia khususnya berkaitan peningkatan pengeluaran dan penggunaan tenaga elektrik dinyatakan dalam maklumat di bawah:

Keupayaan pengeluaran dan penggunaan tenaga elektrik di Amerika dianggarkan sebanyak 3 kilowatt (KW) per kapita, 1.5 hingga 2 KW di Eropah dan Jepun, dan cuma sekitar 0.1 hingga 0.3 KW di India dan China. Sasaran terbaik bagi seluruh dunia dalam abad ke-21 adalah sebanyak 5KW per kapita. Tenaga sejumlah itu diperlukan bagi menampung pembangunan dan penggunaan sains dan teknologi bagi mengangkat dan membawa manusia keluar dari kemiskinan dan kelaparan ke suatu taraf hidup yang lebih berkualiti seperti yang disarankan dalam Program Atom untuk Keamanan yang diperjuangkan pada awal tahun 1950an dulu. Nampaknya program tersebut kecundang pada tahun-tahun 1970an apabila penggunaan kuasa nuklear terbantut berikutan salah faham yang berjaya diterapkan oleh kalangan tertentu. Kita harus berwaspada dan mengambil tindakan sebaik-baiknya agar kesan seumpama itu tidak berulang dan berlaku semula pada masa ini. Jika dilihat dari perspektif tenaga angin, kekincir angin gergasi sebesar atau sebanyak mana pun sentiasa bergantung kepada keadaan angin di kawasan berkenaan. Oleh kerana angin tidak kedapatan secara berterusan, maka penghasilan tenaga adalah terhad dan dengan ini masih memerlukan tenaga fosil sebagai bekalan asas.



Kekincir angin khususnya tidak mampu membekalkan tenaga secukupnya di Malaysia yang terkenal dengan bumi tidak berangin, sekadar sepoi-sepoi bahasa untuk bahan tulisan sasterawan sahaja. Kalangan yang menentang penggunaan kuasa nuklear dan benar-benar ingin melihat kesejahteraan manusia dan alam sekitar, perlu melihat dan mengambil kira pandangan dan pencapaian saintifik berwibawa dari seluruh dunia. Teknologi nuklear awam telah dibangunkan dengan kemajuan dan pencapaian cemerlang dalam 40 tahun lepas, dan sehingga kini merupakan teknologi penghasilan tenaga paling selamat yang pernah dibangunkan oleh manusia. Terdapat juga kekeliruan berhubung dengan sisa radioaktif, sesungguhnya ia boleh dikitar semula misalnya melalui penggunaan reaktor pencambah (*fast breeder*) untuk penghasilan semula bahan api dan dengan ini dapat meminimumkan penggunaan sumber uranium. Selepas pemprosesan kitaran semula, cuma tinggal sedikit sahaja, iaitu kurang daripada 1% sebagai sisa, malah yang dianggap sisa ini pun masih boleh diproses semula untuk pelbagai kegunaan dalam industri dan perubatan. India dikatakan mempunyai simpanan thorium yang banyak untuk kegunaan sebagai bahan api reaktor barunya. Selain itu, pembangunan teknologi perlakuan yang membabitkan penggunaan hidrogen, unsur paling banyak di alam semesta, dikatakan telah mencapai kejayaan memberangsangkan dan mungkin dapat dikomersilkan pada tahun 2050.

### Mohd Peter Davis

Reference 1. Laurence Hecht, 2009. The Astounding High Cost of 'Free' Energy. Executive Intelligence Review, Washington. February 13, p4-17. [http://www.larouchepub.com/eiw/public/2009/2009\\_1-9/2009-6/pdf/04-17\\_3606.pdf](http://www.larouchepub.com/eiw/public/2009/2009_1-9/2009-6/pdf/04-17_3606.pdf)

Reference 2. Mohd Peter Davis, 2008. Malaysia's agricultural breakthrough, and nuclear desalination, can feed the world. 21st Century Science & Technology, Washington, Spring 2008, p53-57 [http://www.21stcenturysciencetech.com/Articles%202008/Special\\_report-Sp2008.pdf](http://www.21stcenturysciencetech.com/Articles%202008/Special_report-Sp2008.pdf)

### Biodata

Mohd Peter Davis ialah seorang ahli sains pelawat kehormat di Institut Teknologi Termaju, Universiti Putra Malaysia. Beliau adalah ahli biokimia dari England dan Australia, yang kini telah bersara selepas berkhidmat selama 20 tahun sebagai pensyarah di UPM dalam bidang penghasilan haiwan dan sebagai penyelidik berkaitan pembiakan biri-biri secara intensif dan kemudiannya bertugas dalam bidang "thermal comfort housing". Tugas-tugas teoritikal beliau berkaitan Teknologi Biosfera dalam era nuklear.

## SISA NUKLEAR BERPOTENSI MENJANA KUASA UNTUK BRITAIN

Terjemahan oleh : Ainon Abd. Manaf



Rancangan industri nuklear Britain membina loji pemprosesan bahan api bernilai GBP1 bilion di Sellafield mendapat sokongan ketua saintis kerajaan Britain. Adalah dijangkakan loji ini berkeupayaan menukar 60,000 tan sisa nuklear tahap tinggi menjadi bahan apireaktor, yang akan membekalkan 60 peratus tenaga elektrik Britain sehingga 2060.

"Kita boleh menyimpan sisa reaktor kita atau boleh memprosesnya, untuk dijadikan bahan api yang percuma untuk jangka masa yang panjang", ujar Sir David King, ketua penasihat sains kepada kabinet Britain.

Bagaimanapun, rancangan ini mengundang kontroversi. Satu laporan oleh Nuclear Decommissioning Authority (NDA) yang mengendalikan loji Cumbria, berpendapat langkah ini membabitkan kos yang tinggi, tetapi mengakui ia mempunyai banyak faedah. Kumpulan Hijau pula berpendapat projek ini akan membawa Britain ke era 'ekonomi plutonium' yang melibatkan pergerakan bahan api nuklear dalam jumlah yang besar di merata tempat di negara itu.

Loji pemprosesan Sellafield itu akan menelan belanja beberapa bilion paun, satu jumlah kos yang membangkitkan kemarahan pihak penentang tenaga nuklear.

"Tiada justifikasi ekonomi bagi rancangan ini, ia satu lagi subsidi besar terhadap industri nuklear. Kita sepatutnya melabur dalam tenaga yang boleh diperbaharui", ujar Roger Higman, daripada "Friends of the Earth."

Bagaimanapun, kritikan ini disangkal tegas oleh Sir David King. Beliau berjaya membantu menyakinkan kerajaan untuk menyokong program pembinaan reaktor baru di UK, yang dijangka akan diluluskan pada tahun baru akan datang. Menurut beliau seorang rakyat UK bertanggungjawab mengeluarkan purata 11 tan karbon setahun berbanding Perancis yang hanya 6 tan. Ini kerana negara itu bergantung kepada kuasa nuklear, yang tidak menghasilkan banyak karbon dioksida. Oleh itu, reaktor-reaktor yang berada diujung hayat operasi harus digantikan. (Dari The Observer, oleh Robin McKie, Editor Sains)

Namun begitu, pembinaan reaktor baru juga menimbulkan kontroversi. Selain dari kos pembinaan yang tinggi, para penganalisa menganggarkan bekalan uranium akan semakin berkurangan dan menjadi mahal, ekoran lombong-lombong di Kanada dan Australia yang hanya mampu bertahan sehingga 20 tahun akan datang sahaja. Selepas itu mungkin tiada lagi bahan api untuk reaktor. Prospek ini juga disangkal oleh King. "Kita mempunyai simpanan besar plutonium dan uranium bergred tinggi dalam sisa nuklear Sellafield" kata beliau. Simpanan ini, yang dihasilkan oleh reaktor Britain semenjak tahun lima puluhan lagi, mengandungi sebanyak 6 tan plutonium dan 60 tan uranium, yang bercampur dengan hasil sampingan reaktor yang lain, dan mempunyai keradioaktif tinggi.

"Untuk menghasilkan bahan api dari sisa ini, plutonium dan uranium ini perlu diekstrak, usaha yang boleh dicapai di loji pemprosesan semula Thorp Sellafield, walaupun ini akan memakan belanja ubahsuaian sebanyak 1 bilion pound. Sebagai alternatif, sebuah loji pemrosesan baru perlu dibina" kata beliau lagi.

Plutonium dan uranium yang telah diekstrak akan ditukar menjadi bahan api yang dipanggil mox atau oksida campuran. Sebuah loji yang akan menghasilkan mox ini pula memerlukan 1 bilion paun lagi, atau loji di Sellafield diubahsuai pada kos yang sama juga. Apabila loji-loji Thorp dan mox ini siap, barulah 60 ribu tan sisa nuklear, lebih daripada kerja pengeluaran bahan api dan bahan radioaktif lain dari program tenaga nuklear Britain dapat diproses menjadi bahan api.

Rod dan pelet bahan api yang dihasilkan boleh digunakan di reaktor nuklear untuk beberapa dekad. Sisa nuklear juga boleh dibakar sebagai bahan api dalam loji kuasa nuklear generasi baru seperti reaktor pembiak pantas (*fast breeder reactor*). Di bawah skim ini, Britain dijangkakan mencapai tahap mencukupi keperluan sendiri dalam bekalan bahan api nuklear pada sepanjang abad ini.

"Kajian yang telah dijalankan bagi pihak NDA meninjau beberapa pilihan bagi bahan ini dan didapati ianya berpotensi besar digunakan dalam loji janakuasa nuklear generasi baru. Walau bagaimanapun segala keputusan muktamad tentang program ini bergantung kepada kerajaan", kata Bill Hamilton dari NDA. Pendapat ini disokong oleh King, yang menyatakan bahawa pelaburan ini akan mendapat pulangan melalui penjanaan elektrik.

## Kemalangan Reaktor – Impaknya Besar, Kebarangkaliannya Kecil

Idris B Besar

MTec, Bahagian Teknologi Industri

Kemalangan adalah suatu kejadian yang tidak diingini berlaku dalam kehidupan kita. Semua orang tidak mahukan kemalangan. Sebagai orang Islam, kita sering berdoa semoga Allah SWT melindungi kita dari ujian yang besar seperti kemalangan. Pihak berkuasa kerajaan menyediakan pelbagai kemudahan dan program agar kemalangan dapat dikurangkan; masyarakat juga mengambil pelbagai daya usaha supaya kemalangan boleh dielakkan; dan setiap keluarga dan ahlinya pula sentiasa berjaga-jaga bagi melindungi dari berlakunya kemalangan. Namun, kemalangan agak kerap berlaku, sesetengahnya amat mengerikan, sebagaimana sering terpapar di dada akhbar, kaca television dan corong radio. Apa yang menyedihkan lagi, musim untuk bergembira seperti hari-hari perayaan bertukar wajah menjadi saat hiba dan sedih pilu akibat kemalangan.

Kemalangan di jalan raya tentunya memerlukan kajian lanjut. Misalnya kemalangan amat tinggi dimusim perayaan kerana dikatakan bilangan pengguna jalan raya yang tinggi; namun jika diteliti bilangan pengguna jalan raya juga agak tinggi sepanjang masa di Kuala Lumpur tetapi kadar kemalangan tidak pula setinggi di musim perayaan? Berdasarkan rekod, kemalangan agak tinggi di tapak pembinaan dan tidak pula setinggi itu di premis perkilangan? Sesetengah industri yang agak ringkas operasinya pula merekodkan kemalangan yang lebih tinggi berbanding industri lain yang lebih kompleks dan sofistikated? Syarikat-syarikat gergasi di negara kita dengan ribuan pekerja dan operasi yang kompleks dan sofistikated seperti Shell, Esso, Petronas dan MAS misalnya mempunyai rekod keselamatan baik sekali dan statistik kemalangan yang rendah pula? Mengapa berlaku sedemikian? Agak sukar mencari jawapan tepat kepada persoalan tersebut, tetapi secara mudah mungkin boleh dikatakan bahawa pencapaian rekod keselamatan yang baik boleh terhasil melalui penggunaan rekabentuk kejuruteraan dan pembinaan yang terjamin, pelaksanaan sistem pengurusan berkualiti dan dokongan budaya kerja selamat dan terbaik.

Jika diteliti keselamatan dan kemalangan industri, misalnya industri penjanaan kuasa elektrik, kalangan professional seperti saintis dan jurutera sepakat mengatakan keselamatan penjanaan tenaga nuklear sebagai penanda aras paling selamat dan rekod kemalangan paling rendah. Ini kerana mereka tahu standard rekabentuk dan pembinaan yang amat tinggi digunakan dalam pembinaan loji nuklear, begitu juga tahap pengurusan dan operasi yang amat ketat dilaksanakan dan budaya kerja selamat yang mesti diamalkan. Keperluan sebegini merupakan tuntutan dari pelbagai pihak seperti perundangan, pengusaha dan pihak berkuasa kerajaan.

0  
1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100

Juga mereka mendapati tahap dan keadaan keselamatan amat tinggi disamping rekod kemalangan amat rendah merujuk kepada pencapaian sebenar berdasarkan fakta saintifik dan rekod sejarah yang diterima umum.

Mungkin timbul persoalan apakah yang dimaksudkan dengan tahap keselamatan? Adalah sukar bagi kita membuat perbandingan berdasarkan tahap keselamatan antara pelbagai punca penjanaan elektrik, tetapi munasabah dan dapat dilihat dengan mudah jika perbandingan dibuat berdasarkan asas yang sama misalnya angka kematian. Angka kematian akibat penggunaan punca tenaga dan operasi loji terbabit dipaparkan secara ringkas dalam Jadual 1. Jadual ini dengan jelas memaparkan bilangan kematian dan kematian per terawatt-tahun penjanaan elektrik amat kecil bagi kuasa nuklear berbanding dengan punca kuasa lain.

Jadual 1 Kematian yang berlaku dari penggunaan pelbagai punca tenaga

| Punca Tenaga                                                  | Kategori Mangsa         | Kematian (1970 – 1992) | Kematian per Terawatt-tahun |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------------|
| Arang batu (Kemalangan lombong & letupan methane)             | Pelombong arang batu    | 6,400                  | 342                         |
| Gas & Minyak (Letupan gas & telaga)                           | Pekerja dan orang awam  | 1,200                  | 85                          |
| Kuasa hidro (Empang pecah)                                    | Pekerja dan orang awam  | 4,000                  | 883                         |
| Kuasa Nuklear (Loji nuklear & kemalangan kemudahan bahan api) | Pekerja & pasukan bomba | 50                     | 13                          |

Kematian yang direkodkan dalam Jadual di atas ada hubung kaitnya dengan kemalangan. Dalam kes kuasa nuklear, kemalangan jika berlaku dilihat sebagai amat dahsyat bukan sahaja terhad kepada kematian malah juga kemudatan dan kemusnahan lain yang member impak besar kepada kesejahteraan manusia, keselamatan alam sekitar dan kerugian harta benda. Menyedari hakikat ini, pelbagai daya usaha dilakukan bagi mengelak berlakunya kemalangan. Dari segi teknologinya, ramai saintis dan jurutera digembeling tenaga dan kepakarannya dan berbilion ringgit dibelanjakan untuk mencari teknologi yang bukan sahaja berkecekapan tinggi bagi penghasilan tenaga tetapi juga benar-benar boleh dipercayai dari segi keselamatannya. Dari segi perundangan dan peraturan pula pelbagai kehendak yang mesti dipatuhi; manakala dari segi pengendalian juga pelbagai standard, prosedur dan budaya kerja selamat perlu diamalkan.



Curahan begitu banyak masa, tenaga dan wang sesungguhnya tidaklah sia-sia dan sememangnya berbaloi jika diteliti pencapaian yang diperolehi khususnya bagi tujuan mengelak dari berlakunya kemalangan. Dalam tempoh hampir 50 tahun penggunaan reaktor nuklear bagi tujuan penjanaan tenaga elektrik, dari tahun 1960 hingga sekarang, membabitkan lebih 12,000 reaktor-tahun pengendalian reaktor di 32 negara, cuma 2 kes kemalangan reaktor yang melibatkan terleburnya teras reaktor dan membebaskan hasil fision ke alam sekitar. Kes berkenaan ialah "Three Miles Island" dan "Chernobyl Accident"

- "Three Miles Island Accident" berlaku disebabkan kegagalan mekanikal dan kesilapan pengendali yang tidak dapat mengawal kegagalan mekanikal berkenaan. Walau pun lebih kurang separuh dari teras reaktor terlebur namun sebahagian besar bahan radioaktif hasil pembelahan tidak terlepas keluar kerana dibendung oleh bangunan pengurungan (*containment building*) yang tetap utuh. Tidak ada kemalangan jiwa berlaku.
- "Chernobyl Accident" berlaku disebabkan kelemahan rekabentuk reaktor, pengendalian tidak mengikut prosedur dan tidak mengamalkan budaya keselamatan yang dikehendaki. Adalah dianggarkan sekurang-kurangnya 5% bahan radioaktif daripada unit terbabit terbebas keluar kerana kegagalan struktur pengurungannya. Kemalangan ini membunuh 56 orang termasuk 28 orang yang mati beberapa minggu kemudian akibat pendedahan sinaran. Ia juga menyebabkan "radiation sickness" terhadap 200 – 300 staf dan pasukan bomba dan menyebarkan pencemaran ke kawasan sekitar dan beberapa negara berdekatan.

Memang tidak dapat dinafikan kemalangan besar seperti Chernobyl amat parah dan padah impaknya juga amat besar. Jika dilihat dari sudut kebarangkalian pula dan dari aspek kajian berbanding dengan penggunaan punca tenaga lain amat jelas juga ianya amat kecil. Dari sudut kebarangkalian dapatlah dikatakan bahawa realitinya kemalangan seumpama itu berlaku sebanyak 2 kali dari sejumlah lebih 12,000 reaktor-tahun pengendalian. Kemalangan membabitkan peleburan teras reaktor telah banyak diperkatakan sehingga timbul apa yang dipanggil "China Syndrome" di USA sekitar tahun 1970an, dikatakan akibat peleburan teras reaktor di USA boleh menyebabkan kerosakan melalui dasar bumi sehingga ke negara China. Keselamatan teras reaktor juga menjadi keperluan penting sebagai petunjuk utama dalam perkiraan keselamatan reaktor. Ianya menjadi tuntutan utama pihak berkuasa undang-undang dan cabaran penting kepada saintis dan jurutera dalam merekabentuk reaktor kuasa. Sekarang ini pihak berkuasa undang-undang di USA, "Nuclear Regulatory Commission (NRC)", menetapkan reka bentuk reaktor hendaklah memenuhi kekerapan hanya satu kerosakan teras reaktor dalam tempoh 10,000 tahun; manakala pihak utiliti pula menghendaki rekabentuk

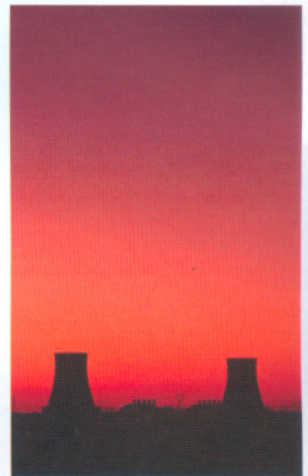


berasaskan kekerapan satu dalam 100,000 tahun. Loji terbaik pada masa ini berasaskan kekerapan lebih kurang satu dalam satu juta tahun manakala reka bentuk loji dekad selepas ini meletakkan sasaran satu dalam 10 juta .

Selain mengelak kejadian peleburan teras reaktor, aspek lain yang juga diberi perhatian serius ialah berkaitan keperluan-keperluan tambahan bagi mengekang dan mengelak kerosakan berimpak tinggi misalnya mengelak perlepasan bahan radioaktif keluar dari loji dan mencemarkan alam sekitar. Sistem keselamatan berkenaan berasaskan pendekatan "defend-in-depth" dengan sistem keselamatan berganda seperti diringkaskan di bawah

- Reka bentuk dan pembinaan berkualiti tinggi
- Peralatan bagi mengelak kerosakan kecil membawa kepada kemalangan
- Sistem pengesanan pelbagai peringkat dan berganda di peringkat awal agar kerosakan tidak membawa kepada perlepasan besar radioaktif
- Mengadakan pelbagai struktur sokongan bagi mengurung kesan kerosakan bahanapi dan teras reaktor agar tidak terlepas keluar dari kawasan loji.

Dengan kemajuan dan kebolehpercayaan teknologi seumpama itu, dengan inisiatif dan komitmen yang jelas dan serius daripada pelbagai pihak dan dengan tuntutan yang amat tinggi dari pihak berkuasa kerajaan dan masyarakat seluruhnya; maka walau pun sememangnya diakui impaknya besar jika kemalangan reaktor berlaku, namun kebarangkalian untuk berlakunya adalah amat kecil sekali dan besar kemungkinan ianya tidak berlaku dalam tempoh hayat kita, insyaAllah.



## Mengapa Chernobyl tidak akan berlaku di Amerika Syarikat

Terjemahan Oleh Myra Liyana Razali

Kecelakaan reaktor Chernobyl yang berlaku pada masa lalu tergolong dalam situasi paling buruk, merangkumi rekaan loji yang teruk, pengurusan politik yang lemah, dan ketiadaan bangunan pengurungan. Sekiranya reaktor itu dikurung, pasti bahan radioaktif tidak akan tersebar dengan meluas.

Semua reaktor di Amerika Syarikat, Eropah dan Jepun dibentengi dengan pelbagai jenis halangan pengurungan. Bangunan reaktor dibina dengan dinding konkrit dan keluli yang padat, berukuran antara 3 hingga 5 kaki. Bahan bakar reaktor dibendung dengan bekas tekanan yang diperbuat daripada keluli tebal. Bangunan-bangunan di loji ini juga berada dalam tekanan negatife, untuk menghalang pembebasan bahan radioaktif. Pada tahun 1979 di Three Mile Island, berlaku insiden separuh peleburan reaktor. Namun begitu, tidak berlaku pembebasan radioaktif secara besar-besaran ke alam sekitar, kerana terdapat bekas reaktor dan bangunan pengurungan. Bangunan pengurungan adalah struktur paling tegap di muka bumi. Pesawat yang menjunam ke bangunan ini akan musnah, walaupun kebarangkalian melanggar sasaran sekecil itu adalah amat rendah.

Pada tahun 1988, Makmal Kebangsaan Sandia di Amerika Syarikat telah menjalankan satu ujian untuk melihat kesan jika satu pesawat menghentam sasaran yang besar dan teguh. Jet Phantom didorong roket (kira-kira 27 metrik tan, dengan enjin berat, kedua-duanya diletakkan bersebelahan di dalam fuselaj) menghentam bongkah konkrit setebal 12 kaki dengan kelajuan 500 batu sejam. Ini adalah sebahagian daripada kajian untuk menentukan jika loji kuasa nuklear yang dirancang di Jepun mampu bertahan dengan hentaman pesawat berat. Kebanyakan tenaga pelanggaran tersebut digunakan semasa pemusnahan pesawat tersebut, di mana kira-kira 96% tenaga kinetik pesawat itu digunakan semasa penerobosan konkrit, manakala 4% lagi dihabiskan apabila bongkah 700 tan itu menjalani proses pecutan. Penerobosan maksimum konkrit tersebut dalam eksperimen ini hanya dua inci.

Loji kuasa nuklear Amerika telah dicipta untuk beroperasi dengan selamat dan mempunyai pelbagai sistem sandar untuk memastikan reaktor tersebut disejukkan dengan betul.

Setiap loji nuklear diwajibkan mempunyai inspektor dari Suruhanjaya Kawal Selia Nuklear di loji tersebut dan bersedia untuk menutup reaktor itu jika ada tanda-tanda masalah serius, walau sekecil manapun.

Operator reaktor juga mesti menjalani ujian psikologi dan prestasi yang ketat dan menghadiri latihan untuk beberapa tahun sebelum dibenarkan untuk memasuki bilik kawalan.

Sepertimana juruterbang berlatih di simulator penerbangan, operator reaktor juga berlatih untuk satu jangka masa panjang di simulator loji nuklear agar mereka dapat bertindak dengan cepat dan tepat apabila berhadapan dengan pelbagai jenis senario kemalangan.

Industri kuasa nuklear digalakkan memantau loji dengan berhati-hati kerana seluruh industri tersebut boleh musnah akibat masalah di satu-satu loji.

Loji nuklear di Amerika mempunyai pelbagai halangan keselamatan. Halangan ini telah ditambahbaik semenjak peristiwa 11 September. Akses kepada loji nuklear adalah sangat sukar dengan adanya pengawal keselamatan bersenjata, halangan jersi, sekatan keselamatan, penghadang dan alat-alat keselamatan lain. Bilangan orang yang dibenarkan berada di bangunan reaktor atau bilik kawalan juga amat sedikit.

Tinjauan pendapat yang dijalankan menunjukkan majoriti penduduk yang menetap di kawasan loji nuklear ternyata berpuas hati dengan keselamatan mereka dan tidak menentang dengan pembinaan loji nuklear tambahan.

Pada tahun 2006, satu tinjauan pendapat yang dijalankan oleh Los Angeles Times dan Bloomberg tentang tenaga dan pemanasan global mendapati bahawa kebanyakan responden percaya tindakan segera harus diambil untuk menangani isu ini. Apabila responden ditanya tentang kuasa nuklear, 61% daripada mereka bersetuju dengan pendapat bahawa kuasa nuklear adalah cara terbaik untuk mengurangkan gas rumah hijau. Bagi kumpulan umur 30-an ke bawah pula, seramai 71% bersetuju dengan penggunaan kuasa nuklear. Corak soal selidik yang lain juga turut menunjukkan wujudnya peningkatan konsensus tentang pentingnya penggunaan kuasa nuklear.

Anda boleh mengisi soal selidik, *Relative Danger of Energy Sources*, dan lihatlah keputusan jawapan anda di <http://www.quaker.org/fep/reldangersquestions.html>.

Sumber: <http://www.cravenspowertosavetheworld.com/index 2.php?>

## KUASA NUKLEAR: PENGGUNAAN DAN PENERIMAANNYA DI MALAYSIA

Tenaga Nuklear adalah satu daripada sumber tenaga bagi penjanaan elektrik. Perkembangan semasa dunia menyaksikan semakin banyak negara merancang ke arah penggunaan tenaga nuklear untuk penjanaan kuasa elektrik bagi menjamin keselamatan perbekalan tenaga, kesinambungan serta kemampunan pembangunan ekonomi negara masing-masing.

Ikuti wawancara **NORZEHAN NGADIRON** bersama **IR DR. MOHAMAD PUAD HJ. ABU**, Pengarah Bahagian Kuasa Nuklear, Agensi Nuklear Malaysia, berkaitan isu **KUASA NUKLEAR: PENGGUNAAN DAN PENERIMAANNYA DI MALAYSIA**.

### **Apakah bidang penyelidikan dan kepakaran Ir. Dr.?**

Penyelidikan dan kepakaran saya adalah dalam bidang yang berkaitan dengan tenaga yang boleh diperbaharui dan juga tenaga nuklear.

### **Mengikut pendapat Ir. Dr. sejauh manakah kefahaman masyarakat akan penggunaan kuasa nuklear di Malaysia?**

Kefahaman masyarakat tentang penggunaan kuasa nuklear sebagai sumber penjanaan kuasa elektrik belum mantap lagi. Malah ada di kalangan profesional yang masih belum faham akan perkara ini; oleh itu langkah-langkah kesedaran tentang tenaga nuklear perlu ditingkatkan. Langkah-langkah kesedaran ini boleh dilakukan melalui media elektronik dan cetak. Kesedaran ini perlu ditanam bermula dari peringkat persekolahan lagi.

### **Sejauh manakah negara Malaysia dan masyarakatnya sendiri bersedia untuk menerima tenaga nuklear ini?**

Kesediaan masyarakat Malaysia untuk menerima tenaga nuklear secara umumnya adalah sangat rendah. Namun, jika rakyat Malaysia diberi maklumat yang jelas mengenai kebaikan tenaga nuklear, sentimen negatif rakyat terhadap penggunaan nuklear dapat dikikis. Oleh itu, kerajaan tidak ada masalah untuk melaksanakan penggunaan tenaga nuklear pada masa hadapan.

### **Apakah yang perlu dilakukan sama ada oleh Nuklear Malaysia mahupun pihak kerajaan sendiri untuk mempromosi tenaga nuklear sebagai satu sumber tenaga alternatif di negara ini?**

Penggunaan kuasa nuklear memerlukan persediaan yang sangat rapi dari segi kesungguhan politik yang berterusan pada setiap peringkat, kemampuan ekonomi, penerimaan masyarakat, pemindahan teknologi, perlindungan alam sekitar, perundangan dan juga keselamatan. Perkara yang paling penting dan paling awal perlu dilakukan dalam mempromosikan tenaga nuklear sebagai satu sumber tenaga alternatif ialah menyampaikan

maklumat kepada masyarakat mengenai tenaga nuklear dan peranan yang boleh dimainkannya untuk menjamin pembangunan negara yang mampan pada zaman kekurangan sumber petroleum kelak. Hanya setelah wujud penerimaan masyarakat terhadap kuasa nuklear, barulah kesungguhan politik yang berterusan pada semua peringkat dapat dicapai bagi membolehkan pembangunan terancang ke arah ini.



**Sesetengah pakar di barat dan tidak kurang juga di Malaysia lebih cenderung memilih tenaga suria (solar) sebagai tenaga alternatif pilihan utama. Tetapi, bagi pendapat Ir. Dr. secara peribadi, apakah jenis tenaga alternatif yang menjadi pilihan utama dan, apakah pula jenis tenaga bukan pilihan, dan mengapa?**

Setiap sumber tenaga mempunyai kebaikan dan keburukannya. Penggunaannya haruslah digabungkan antara satu dengan lain, agar penggunaan setiap sumber ini dapat dimanfaatkan sepenuhnya. Di Malaysia contohnya, loji-loji janakuasa arang batu dan gas kitar padu digunakan untuk memenuhi permintaan asas (*base load*), manakala loji-loji janakuasa gas kitar terbuka dan hidro digunakan untuk memenuhi permintaan puncak (*peaking load*). Pada masa kini, 30% atau 5800MW daripada bahan api penjaan menggunakan arang batu, ini berdasarkan kepada jumlah kapasiti terpasang (*installed capacity*). Walau bagaimanapun, Malaysia memerlukan sebanyak 10,000 MW kapasiti *base load*. Jumlah kapasiti penjaan bagi *base load* ini dijangka akan meningkat kepada 7200MW pada tahun 2009, apabila Stesen Jana Kuasa Arang Batu Jimah mula beroperasi pada tahun 2009. Walaupun jumlah ini meningkat, negara masih lagi memerlukan kapasiti tambahan bagi memenuhi keperluan *base load*. Bagi pandangan saya pilihan terbaik untuk memenuhi keperluan ini ialah tenaga nuklear, yang terbukti dapat menyediakan bekalan *base load* yang berdaya harap, dengan kos yang rendah.

**Jika Ir. Dr. memilih tenaga nuklear sebagai sumber tenaga utama, apakah kesannya terhadap alam sekitar?**

Tenaga nuklear memberi kesan yang sangat minimum terhadap alam sekitar kerana loji-loji janakuasa elektrik nuklear tidak menghasilkan gas rumah hijau, kerana ia tidak melibatkan proses pembakaran dalam penjaan elektrik.

**Penggunaan tenaga nuklear seringkali dikaitkan dengan pelupusan sisa nuklear. Bagaimanakah cara terbaik untuk menangani perlupusan sisa nuklear dengan cara yang lebih selamat?**

Pada masa kini pengurusan sisa nuklear dan radioaktif dikendalikan mengikut dua kaedah kitaran bahan api. Kaedah pertama dikenali sebagai kitaran bahan api nuklear terbuka (*open loop nuclear fuel cycle*), yang mana 100% bahan api terpakai dilupus terus; manakala kaedah kedua dikenali sebagai kitaran bahan api nuklear tertutup (*closed nuclear fuel cycle*), yang mana sebahagian besar (> 96%) bahan api terpakai diproses dan dikitar semula meninggalkan sebahagian kecil sisa yang perlu dilupuskan. Sisa-sisa ini kemudiannya dilupuskan secara kekal ke dalam repositori geologikal lapisan dalam (*deep geological repository, DGR*). Teknologi ini telah matang dan teruji keselamatan di makmal, serta mempunyai teladan semula jadi di Oklo, Gabon, benua Afrika.

1950an hingga tahun 1970, dan juga loji-loji generasi kedua yang dibina dari tahun 1970 hingga pertengahan tahun 1990an, loji-loji nuklear generasi ketiga kini mampu dibina dalam tempoh antara 3 tahun hingga 6 tahun sahaja, dan beroperasi selama 60 tahun, sedangkan loji-loji generasi pertama dan kedua dahulu mengambil masa 10 hingga 12 tahun untuk dibina dan hanya mampu beroperasi antara 25 hingga 40 tahun. Kuantiti uranium, bahan api yang digunakan dalam sesebuah loji janakuasa nuklear, yang diperlukan adalah amat sedikit berbanding dengan bahan api lain. Loji janakuasa nuklear generasi terkini mempunyai tempoh hayat yang lebih panjang, sehingga 60 tahun, berbanding dengan tempoh 25 hingga 40 tahun bagi loji janakuasa nuklear generasi terdahulu, hasil daripada reka bentuk dan penggunaan bahan yang lebih maju. Pembangunan teknologi bahan api nuklear telah membolehkan tempoh penukaran bahan api (*refuelling period*) itu dipanjangkan kepada 24 bulan, berbanding dengan 12 hingga 18 bulan pada masa lalu. Dengan tempoh penukaran bahan api yang lebih panjang ini, loji janakuasa nuklear kini mampu beroperasi tanpa henti selama 24 bulan, sebelum perlu diganti sebahagian daripada bahan api nuklearnya. Keadaan ini membolehkan loji janakuasa nuklear kini mencapai faktor beban (*load factor*) yang lebih tinggi, sehingga mencecah 90% dalam sesuatu tahun. Loji-loji janakuasa nuklear generasi ketiga ini dibangunkan berasaskan kepada ciri-ciri reka bentuk serta pengalaman operasi loji-loji janakuasa generasi pertama dan kedua yang telah terbukti selamat.

### **Bagaimanakah perbandingan antara tenaga nuklear dengan gas dan arang batu untuk menghasilkan elektrik?**

Secara asasnya, perbandingan antara tenaga nuklear dengan gas dan arang batu untuk menghasilkan elektrik adalah dari segi bahan apinya, di mana tenaga nuklear tidak melibatkan proses pembakaran tetapi hanya tindak balas nuklear dalam ruang tertutup. Hasil daripada tindak balas itu, haba akan terbebas dan ia akan memanaskan air bagi menghasilkan stim. Stim yang terhasil akan mengerakkan turbin dan seterusnya menghasilkan elektrik, manakala arang batu atau gas akan melalui proses pembakaran di dalam dandang (*boiler*) dan menghasilkan gas panas, memanaskan air bagi menghasilkan stim yang akan mengerakkan turbin dan seterusnya menghasilkan elektrik. Dari segi kos pembinaan, kuantiti bahan api bagi loji tenaga nuklear dengan loji penjanaan elektrik menggunakan gas dan arang batu adalah sepertimana yang telah dinyatakan dalam jawapan di atas.

### **Setiap sesuatu pasti ada pro dan kontranya. Begitu juga dengan tenaga/kuasa nuklear. Jadi, apakah kebaikan dan apakah pula keburukan penggunaan tenaga nuklear?**

Setiap sumber tenaga itu mempunyai kebaikan dan keburukan. Pada pandangan saya kebaikan penggunaan tenaga nuklear mengatasi keburukannya.

### **Sebelum mengakhiri wawancara, apakah nasihat Ir. Dr. kepada masyarakat terhadap kuasa nuklear dan penggunaanya di Malaysia yang mencakupi pelbagai bidang?**

Masyarakat perlu memandang positif terhadap penggunaan tenaga nuklear untuk penjanaan elektrik di Malaysia. Terdapat empat faktor utama yang perlu dititikberatkan untuk meningkatkan penerimaan awam terhadap penggunaan tenaga nuklear.

Faktor tersebut ialah keselamatan loji nuklear, penempatan loji, pengurusan sisa nuklear dan ketakcambahan (non-proliferation) senjata nuklear. Oleh itu saya menyeru agar masyarakat tidak perlu bimbang terhadap faktor-faktor ini kerana dalam merancang penggunaan tenaga nuklear faktor-faktor ini telah diambil kira melalui reka bentuk loji, perundangan, triti-triti dan perkara-perkara lain yang berkaitan.

## Biodata

**Nama** : Ir. Dr. Mohamad Puad Haji Abu  
**Jawatan** : Pengarah Bahagian Kuasa Nuklear  
**Asal** : Chengkau, Rembau, Negeri Sembilan  
**Tarikh lahir** : 22 Julai 1955  
**Umur** : 53 tahun 7 bulan



### Falsafah /moto kehidupan:

Sentiasa berusaha mendapat keredhaan ALLAH di dalam setiap perkara yang dilakukan.

### Latar belakang akademik:

- Diploma Kejuruteraan Mekanik (UTM), 1977
- Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Nuklear (Oregon State Universiti, USA) 1981
- Sarjana Kejuruteraan Alam Sekitar (UTM) 1995
- Doktor Falsafah Kejuruteraan Mekanik dan Bahan (UKM) 2000

### Kerjaya:

- Pembantu Teknik Bengkel Dewan Bandaraya Kuala Lumpur, 1978.
- Pembantu Teknik Pusat Penyelidikan Atom Tun Ismail (Puspati), 1978 – 1979.
- Pegawai Penyelidik, Jabatan Reaktor, Puspati, 1981 – 1985.
- Pengarah Penilaian dan Perlesenan, Lembaga Perlesenan Tenaga Atom, 1985 – 2000.
- Pengurus Kanan Pusat Tenaga Boleh di Perbaharui Agensi Nuklear Malaysia (MIREC) 2000 – 2007.
- Pengarah Bahagian Kuasa Nuklear, 2008 hingga kini.

### Pencapaian:

- Anugerah Frost & Sullivan bagi Asia Tenggara 2006.
- Pingat Pekerti Terpilih (PPT) Duli Yang Maha Mulia Yang Di-Pertuan Besar Negeri Sembilan 2006.
- Anugerah Tokoh Maulidul Rasul Peringkat Kebangsaan 2005.
- Anugerah Inovasi Khas daripada China Association of Inventions di Seoul International Invention Fair (SSIF) 2004.
- Anugerah Inovasi daripada Korea Invention Promotion Association di Seoul International Invention Fair (SSIF) 2004.
- Anugerah Inovasi Penyelidikan Bersama Antara Sektor Awam dengan Sektor Swasta (AIPB) 2004.
- Anugerah Khidmat Cemerlang MINT 2004.
- Pengiktirafan sebagai Jurutera Profesional Nuklear (PEng.) oleh Lembaga Jurutera Malaysia 2003.

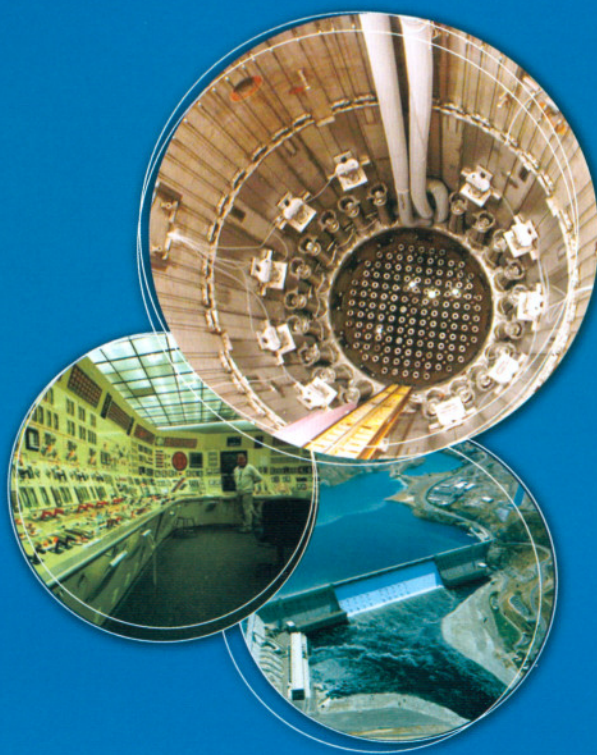
### Errata Warta Nuklear Malaysia Jilid 1, Bil 3 Sep - Dis 2008

**Muka surat 7, perenggan 3, teks sebenar adalah seperti berikut:**

*"Memang patut Malaysia menggunakan tenaga nuklear sebab bukan semua Negara di dunia menggunakan teknologi tinggi ini. India dah ada, Pakistan dah ada, takkan Malaysia tak nak buat. Sekurang-kurangnya negara luar mengetahui bahawa malaysia telah melangkah untuk menjadi negara maju. Dari segi kewangan tu adalah perkara subjektif sebab jika kita inginkan kelebihan, mestilah harga dia ada".*

**Akmal Shukri Alias**  
**Penyelia Kilang**





**MOSTI**

**NUKLEAR**  
MALAYSIA

Agensi Nuklear Malaysia,  
Bangi, 43000 Kajang,  
Selangor Darul Ehsan

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

ISSN 1985 - 3866



Mei 2009