

I ❤ Nuclear

SOALAN-SOALAN
YANG KERAP DITANYA

MENGENAI KUASA NUKLEAR

SOALAN-SOALAN YANG KERAP DITANYA

MENGENAI KUASA NUKLEAR

SOALAN 1 Apa itu Nuklear?

JAWAPAN Istilah “nuklear” merujuk kepada inti atau nukleus atom. Tenaga nuklear adalah tenaga yang dijana daripada tindakbalas dalam nukleus atom.

Ada dua jenis tindakbalas nuklear yang boleh digunakan untuk menjana tenaga, iaitu tindakbalas pembelahan nukleus (*nuclear fission*) dan tindakbalas pelakuran nukleus (*nuclear fusion*).

Loji-loji janakuasa nuklear yang terdapat di dunia adalah berasaskan tindakbalas pembelahan nukleus, manakala loji nuklear berasaskan pelakuran nukleus masih dalam proses penyelidikan dan pembangunan dan dijangka tidak akan dapat digunakan dalam tempoh setengah abad akan datang kerana kesukaran teknologinya.

SOALAN 2 Apakah kelebihan sumber tenaga nuklear?

JAWAPAN Sumber tenaga nuklear mampu:

- i. Menjamin keselamatan perbekalan tenaga negara kerana semua jenis bahan api nuklear, iaitu uranium, thorium atau plutonium, mengandungi tenaga spesifik (*specific energy*) yang tinggi.
- ii. Keselamatan perbekalan tenaga negara tentunya akan lebih terjamin, terutama dalam keadaan pengurangan (*depletion*) sumber tenaga yang lain di dalam negara, terutama simpanan atau rizab minyak mentah dan gas asli negara.

- iii. Dari segi perlindungan alam sekitar, kadar penghasilan gas rumah hijau atau karbon (*carbon burden*) yang jauh lebih rendah bagi setiap unit kuasa elektrik yang dijana, berbanding dengan sumber tenaga lain.

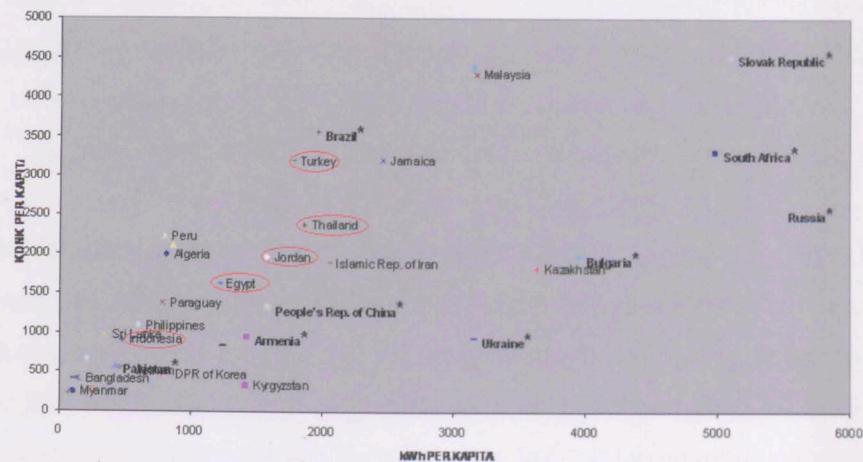
SOALAN 3 Apakah Perkembangan Penjanaan Kuasa Nuklear di dunia?

JAWAPAN Sehingga 1 Oktober 2009, sejumlah 436 loji janakuasa nuklear dengan jumlah keupayaan 372,900 Megawatt-elektrik (MWe) sedang beroperasi di 30 negara, di samping 52 loji lagi dengan jumlah keupayaan 47,888 MWe yang masih dalam pembinaan di 14 negara. Selain itu, 135 loji lain dengan anggaran jumlah keupayaan 148,825 MWe adalah dalam proses perancangan untuk dibina di 26 negara, termasuk 10 negara yang akan membina loji janakuasa nuklear yang pertama. Sejumlah 295 loji lain dengan jumlah keupayaan 303,405 MWe telah dicadangkan dibina di 36 negara, termasuk 13 negara yang akan membina loji janakuasa nuklear yang pertama.

SOALAN 4 Dari segi ekonomi, adakah Malaysia sudah bersedia untuk melaksanakan program kuasa nuklear?

JAWAPAN Tahap pembangunan ekonomi dan industri negara difikirkan kini berada pada tahap yang sesuai dengan tahap dijangka akan membolehkan penyerapan teknologi dan keupayaan yang perlu dibangunkan, berdasarkan kepada kedudukan Malaysia berbanding dengan negara-negara lain yang telah terlebih dahulu melaksanakan program penjanaan kuasa nuklear.
(Rujuk Rajah 1)

Rajah 1: Perbandingan di antara Negara Membangun



Negara yang bercadang membina loji nuklear yang pertama

SOALAN 5 Adakah proses penjanaan tenaga nuklear menyumbang kepada penghasilan gas rumah hijau?

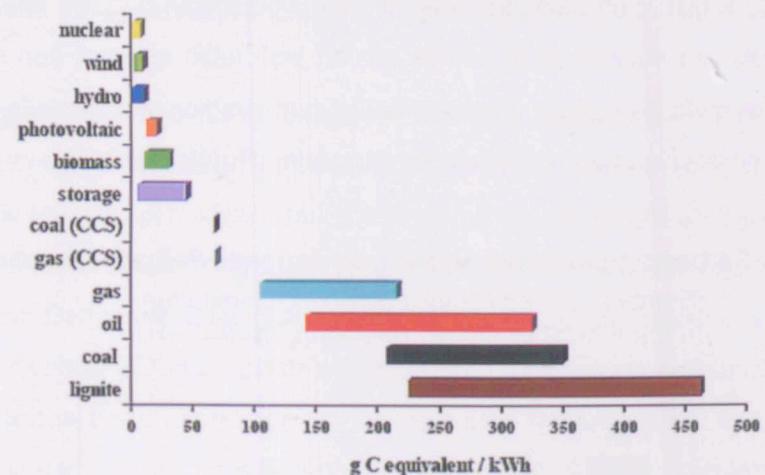
JAWAPAN Proses tindakbalas nuklear tidak melibatkan penghasilan sebarang gas rumah hijau, kecuali proses-proses perlombongan dan penyediaan bahan api nuklear, pembinaan loji nuklear dan pengurusan sisa nuklear. Walau bagaimanapun, keseluruhan rantaian pengeluaran kuasa nuklear (*nuclear power production chain*) adalah jauh lebih rendah berbanding pengeluaran kuasa elektrik daripada sumber bahan api fosil terutama arang batu dan gas asli, dan adalah hampir sama berbanding dengan pengeluaran kuasa elektrik daripada sumber tenaga boleh diperbaharui.

Keseluruhan rantaian bagi penjanaan kuasa nuklear daripada perlombongan uranium sehingga kepada pelupusan sisa nuklear, termasuk pembinaan loji janakuasa nuklear serta kemudahan berkaitan, hanya menghasilkan di antara 1 hingga 6 gram karbon bagi setiap kilowatt-jam elektrik yang dijana oleh sesebuah loji janakuasa nuklear. Kadar ini adalah hampir sama dengan

penghasilan karbon oleh rantaian penjanaan kuasa elektrik daripada sumber tenaga angin atau pun kuasa hidro, berbanding dengan rantaian penjanaan elektrik yang berasaskan minyak, arang baru atau gas asli yang menghasilkan di antara 60 hingga 460 gram karbon bagi setiap kilowatt-jam elektrik yang dijana, walaupun jika dilengkapi dengan kemudahan pengurangan karbon (*carbon capture and storage*, CCS), atau pun *carbon sequestration*. (Rujuk Rajah 2)

Rajah 2: Perbandingan Penghasilan Karbon Mengikut Sumber Tenaga untuk Penjanaan Elektrik

(Sumber: Agensi Tenaga Atom Antarabangsa, IAEA)



Julat Penghasilan Karbon dalam Persamaan Gram Karbon per kilowatt-jam (kWh)

Singkatan: CCS – Carbon Capture and Storage

SOALAN 6 Sejauh manakah loji janakuasa nuklear yang sedang beroperasi dapat mengurangkan penghasilan gas karbon dioksida?

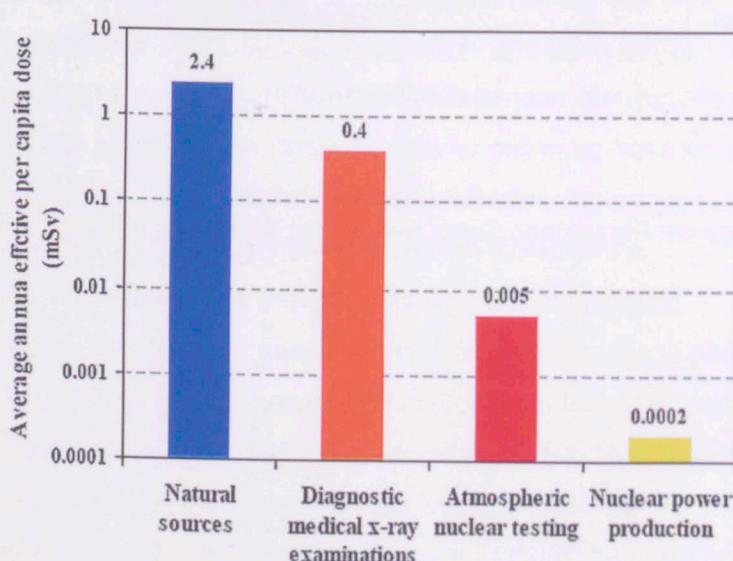
JAWAPAN Mengikut perkiraan, kesemua 439 loji janakuasa nuklear yang sedang beroperasi di seluruh dunia sehingga 30 Ogos 2007 telah berjaya mengurangkan 8% daripada jumlah penghasilan karbon dioksida dunia pada setiap tahun.

SOALAN 7 Dari segi dedahan sinaran, sejauh manakah keselamatan (*safety*) loji janakuasa nuklear terjamin?

JAWAPAN Kajian oleh pelbagai pihak telah membuktikan bahawa operasi loji-loji janakuasa nuklear pada amnya adalah jauh lebih selamat dari segi pendedahan manusia kepada sumber sinaran dan keradioaktifan semula jadi dan buatan manusia, atau antropogenik, yang lain. (Rujuk Rajah 3)

Rajah 3: Perbandingan Dedahan Sinaran daripada Pelbagai Sumber

(Sumber: *United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation*, UNSCEAR)



SOALAN 8 Bagaimana dengan jaminan perbekalan bahan api nuklear secara berterusan?

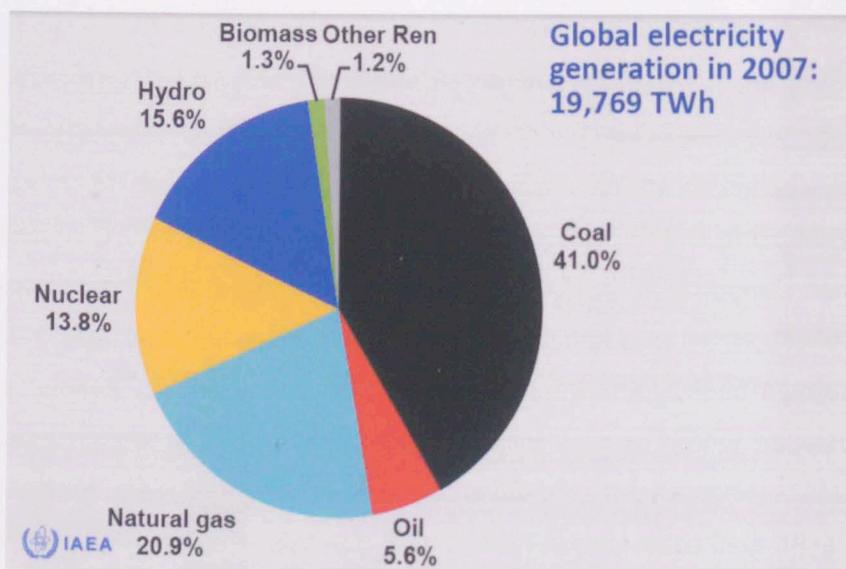
JAWAPAN Oleh kerana bahan api nuklear mengandungi tenaga yang banyak berbanding dengan bahan api bagi sumber tenaga lain, penggunaan tenaga nuklear mampu mempertingkatkan keselamatan perbekalan tenaga negara untuk tempoh jangka panjang. Sebarang risiko terputusnya bekalan bahan api nuklear akan mudah ditangani dengan menyimpan stok bahan api nuklear untuk beberapa tahun, kerana sesebuah loji janakuasa nuklear berkeupayaan 1,000 MWe hanya memerlukan 100 tan metrik uranium untuk mula beroperasi, dan daripada jumlah ini, cuma 30 tan metrik uranium yang digunakan untuk menjana tenaga elektrik sepanjang sesuatu tahun.

Dengan kelebihan dari segi tenaga spesifiknya ini, penggunaan sumber tenaga nuklear tidak melibatkan jumlah kuantiti bahan api nuklear yang tinggi. Oleh itu, stok bahan api nuklear untuk menampung operasi sesebuah loji janakuasa nuklear selama dua hingga tujuh tahun dapat disimpan di dalam negara dengan mudah. Dengan stok ini, jika bekalan bahan api nuklear terputus sementara (*supply short-fall*) atas sebab-sebab tertentu, operasi loji janakuasa nuklear berkenaan tidak akan terjejas. Dengan stok bahan api ini, keselamatan perbekalan tenaga negara tentunya akan lebih terjamin, terutama dalam keadaan pengurangan (*depletion*) sumber tenaga yang lain, khususnya simpanan atau rizab minyak mentah dan gas asli, di dalam negara, sesuai dengan Objektif Perbekalan di bawah Dasar Tenaga Negara.

SOALAN 9 Berapakah peratusan sumber bekalan tenaga untuk penjanaan elektrik di dunia yang dihasilkan oleh loji janakuasa nuklear berbanding loji-loji janakuasa lain.

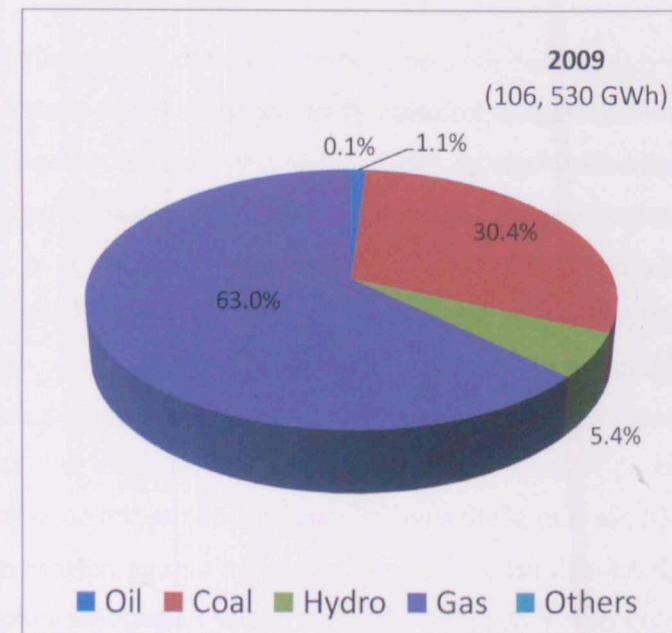
JAWAPAN Pada tahun 2007, loji-loji janakuasa nuklear telah menyumbang kepada 13.8% daripada jumlah penjanaan kuasa elektrik seluruh dunia, berbanding dengan 41.0% daripada arang batu, 20.9% daripada gas, 15.6% daripada kuasa hidro, 5.6% daripada minyak, 1.3% daripada biomass dan 1.2% daripada sumber tenaga boleh diperbaharui. (**Rujuk Rajah 4**)

Rajah 4: Struktur Sumber Bekalan Tenaga untuk Penjanaan Elektrik di Dunia



Keadaan ini berbeza di Malaysia, jumlah penjanaan elektrik negara pada tahun 2009 yang bergantung kepada 63.0% daripada gas, 30.4% daripada arang batu, 5.4% daripada kuasa hidro, 1.1% daripada minyak dan 0.1% daripada sumber lain termasuk sumber tenaga boleh diperbaharui. (**Rujuk Rajah 5**)

Rajah 5: Struktur Sumber Bekalan Tenaga untuk Penjanaan Elektrik di Malaysia



SOALAN 10 Sejauh manakah tahap penggunaan teknologi nuklear di Malaysia berbanding dengan penggunaannya di negara-negara lain?

JAWAPAN Penggunaan teknologi nuklear di Malaysia selama ini hanya tertumpu kepada bidang-bidang yang selain daripada penjanaan kuasa elektrik (*non-power*), khususnya bidang perubatan, perindustrian, pertanian dan pemeliharaan alam sekitar. Penggunaan seperti ini adalah lazim bagi kebanyakan negara membangun dan adalah berbeza daripada negara-negara maju yang lebih tertumpu kepada penggunaan tenaga nuklear untuk penjanaan kuasa elektrik.

SOALAN 11 Apakah faktor-faktor yang mendorong semakin banyak negara bercadang untuk melaksanakan program tenaga nuklear dalam industri kuasa elektrik ?

JAWAPAN

- ♦ peningkatan tahap keselamatan loji janakuasa nuklear akibat perkembangan teknologi;
- ♦ pemendekan masa pembinaan loji-loji tersebut daripada 10 hingga 12 tahun kepada hanya 3 hingga 6 tahun ;
- ♦ pemanjangan jangka hayat loji-loji tersebut daripada 25 hingga 40 tahun kepada 60 tahun ; dan,
- ♦ peningkatan keberkesanan penggunaan bahan api uranium dalam loji-loji tersebut.

SOALAN 12 Adakah pelaksanaan penggunaan tenaga nuklear di Malaysia akan ditentang oleh pihak-pihak tertentu di luar negara (Amerika Syarikat, Persekutuan Rusia, Perancis, China, Kanada, Argentina dan Brazil)?

JAWAPAN Tidak. Malaysia melaksanakan program tenaga nuklear untuk tujuan bekalan kuasa elektrik, kerana Malaysia bukan sahaja telah menandatangani triti dan perjanjian yang membuktikan bahawa negara ini telah menolak sama sekali sebarang hasrat untuk membangunkan senjata nuklear, tetapi juga telah mempelopori inisiatif antarabangsa untuk mengharamkan pembangunan, pemilikan atau pun penggunaan senjata nuklear oleh semua pihak. Amerika Syarikat, Persekutuan Rusia, Perancis, China, Kanada, Argentina dan Brazil telah menjalin kerjasama dua hala bagi membantu Malaysia membangunkan keupayaan untuk melaksanakan program penjanaan tenaga nuklear kelak, terutamanya dari segi pembangunan modal insan dan kepakaran berkenaan.

SOALAN 13 Adakah loji janakuasa nuklear selamat daripada bencana alam sekitar?

JAWAPAN

Ya, loji-loji janakuasa nuklear telah terbukti selamat daripada bencana alam. Ini adalah kerana sebelum sesebuah loji janakuasa nuklear didirikan, data tentang pelbagai aspek ciri tapak tersebut dikumpul dan dianalisis bagi mengkaji kesesuaianya sebagai tapak loji janakuasa nuklear. Sesuatu tapak loji yang telah dipilih itu perlu dibuktikan selamat untuk selama 100 tahun ke hadapan dengan membuktikan yang tapak berkenaan selamat selama 100 tahun kebelakang.

Untuk tujuan ini, data tentang pelbagai aspek ciri berikut diperlukan bagi mengkaji kesesuaianya sebagai tapak loji janakuasa nuklear, iaitu:

i. **ciri-ciri demografi**,
termasuk taburan penduduk persekitaran, corak penggunaan tanah, sumber makanan penduduk, seperti sayur-sayuran, buah-buahan, makanan laut, daging, produk tenua, penggunaan air bawah tanah, dan sumber pendapatan serta pekerjaan;

ii. **ciri-cir meteorologi**,
Termasuk arah aliran dan corak pengalihan udara, ciri-ciri penyebaran atmosfera serta mikroiklim, kejadian meteorologi terdahulu yang ekstrem, seperti ribut, taufan, penyongsangan atmosfera, kabus tebal (*stagnation weather*) dan kesan lain;

iii. ciri-ciri seismik dan tektonik,

termasuk kompilasi katalog sejarah gempa bumi meliputi kawasan sehingga 300 kilometer sekeliling, aktiviti volkanik, seperti penerobosan bahan volkanik ke permukaan bumi, seperti di Kampung Batu Hitam, Kuantan, Pahang Darul Makmur;

iv. ciri-ciri geologi dan geoteknik,

termasuk keadaan batuan asas (*base rock*) serta kesan peluluhawaan (*weathering*) terhadapnya, dan amplifikasi pergerakan seismik;

v. ciri-ciri geomorfologi dan oseanografi,

termasuk tindakan oseanografi normal dan ekstrem, pergerakan angin, ombak, tsunami, pasang surut arus laut, kesan-kesan litoral atau pesisir pantai, serta geomorfologi pantai atau evolusi bentuk pantai, dan profil kedalaman pesisiran (*coastal bathymetry*);

vi. ciri-ciri hidrogeologi dan hidrologi,

termasuk ciri geokimia dan geofizik, sejarah banjir sungai dan pasang-surut air laut, sifat hidrolik bagi bahan-bahan sub-permukaan, keseimbangan hidrologi, perbandingan di antara arus sungai dan hujan, penyejatan (*evapotranspiration*), kondensasi atau pemeluwapan, larian permukaan (*surface runoff*), penyerapan hujan (*precipitation infiltration*) dalam batuan merekah dan terluluhawa, ciri-ciri sistem akuifer di kawasan sekeliling dan arus serta potensi kegunaan sumber air bawah tanah;

vii. ciri-ciri alam sekitar dan ekologi,

termasuk pencirian flora, fauna, hidupan akuatik, pergerakan spesis migrasi, seperti burung, dan kesan pembinaan loji nuklear terhadapnya; dan,

viii. ciri-ciri aktiviti manusia.

termasuk pengenalpastian sumber-sumber potensi aktiviti manusia terhadap keselamatan loji nuklear, seperti aktiviti industri gas dan minyak, ketenteraan, lapangan terbang, struktur empangan, saluran paip, dan sistem pengangkutan darat, laut dan udara yang mungkin berbahaya kepada loji nuklear.

SOALAN 14 Adakah projek tenaga nuklear dapat menampung kenaikan harga minyak dan gas yang bertambah mahal?

JAWAPAN Pada dasarnya, projek tenaga nuklear bukan bertujuan untuk menampung kenaikan harga minyak dan gas yang bertambah mahal tetapi sebagai alternatif kepada penjanaan sumber tenaga elektrik dengan kos yang kompetitif. Ini adalah bagi mengurangkan kebergantungan negara terhadap sumber minyak dan gas untuk penjanaan tenaga elektrik.

SOALAN 15 Berapakah jumlah bahan api nuklear yang diperlukan untuk mengendalikan sesebuah loji janakuasa elektrik berkeupayaan 1000MWe tanpa henti selama setahun berbanding dengan bahan api lain (Rujuk Jadual 1)

JAWAPAN Jadual 1: Perbandingan jumlah bahan api yang diperlukan untuk mengendalikan sesebuah loji janakuasa elektrik berkeupayaan 1000MWe tanpa henti selama setahun

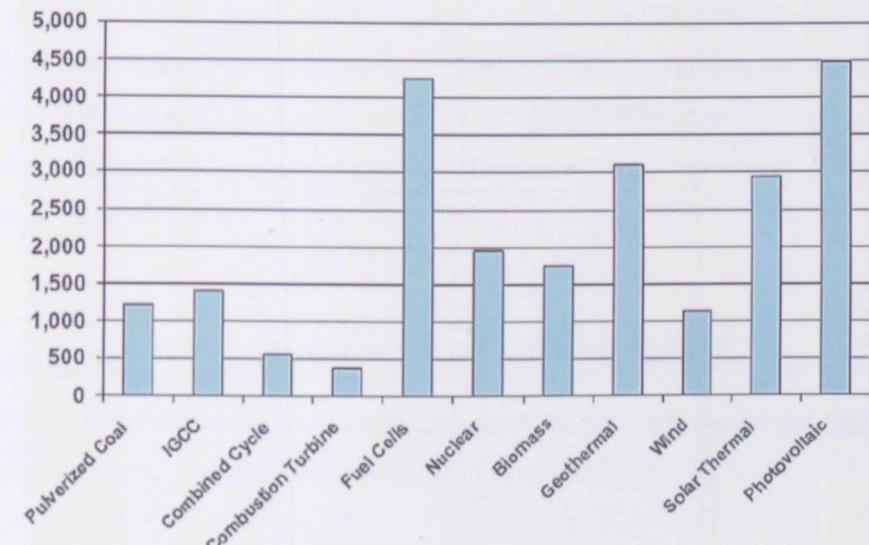
Jenis loji jana kuasa	Jumlah bahan api diperlukan untuk penjanaan 1,000 MWe selama setahun
Loji janakuasa arang batu	2,000,000 tan metrik arang batu
Loji janakuasa minyak (<i>fuel oil</i>)	1,960,000,000 gelen minyak
Loji janakuasa kitar padu menggunakan gas asli (<i>combined cycle gas turbine</i>)	87,600,000,000 kaki padu standard (scf) gas asli
Loji janakuasa nuklear berdasarkan pembelahan nukleus (<i>nuclear fission</i>)	30 tan metrik uranium (tetapi 100 tan metrik uranium diperlukan untuk mencapai jisim genting (<i>critical mass</i>) dan beroperasi).
Loji janakuasa suria	10 kilometer persegi kawasan panel <i>photovoltaic</i> yang berkecekapan 23% (23% <i>efficiency</i>)
Loji janakuasa angin	3,000 turbin angin berkeupayaan 1 MWe setiap satu
Loji janakuasa biomas berdasarkan kayu-kayan	30,000 kilometer persegi kawasan tanaman pokok untuk menghasilkan biomas
Loji janakuasa bio-alkohol berdasarkan tanaman jagung	16,100 kilometer persegi kawasan tanaman jagung untuk menghasilkan bioalkohol
Loji janakuasa biogas berdasarkan najis ayam	800,000,000 ekor ayam bagi menghasilkan biogas

SOALAN 16 Berapakah kos modal bagi pembinaan loji janakuasa nuklear berbanding sumber-sumber tenaga lain?

JAWAPAN Kos modal bagi pembinaan bagi loji janakuasa nuklear adalah lebih tinggi berbanding loji janakuasa yang menggunakan bahan api fosil dan hampir sama atau lebih rendah berbanding sumber tenaga boleh diperbaharui. Walau bagaimanapun, kos penjanaan elektrik daripada loji nuklear adalah kompetitif berbanding dengan sumber tenaga fosil atau boleh diperbaharui. (Rujuk Rajah 6)

Rajah 6: Perbandingan Kos Modal bagi Pembinaan Loji Janakuasa Elektrik Menggunakan Pelbagai Sumber Tenaga

(Sumber: *Electric Power Research Institute (EPRI)* berdasarkan data kos tahun 2006)

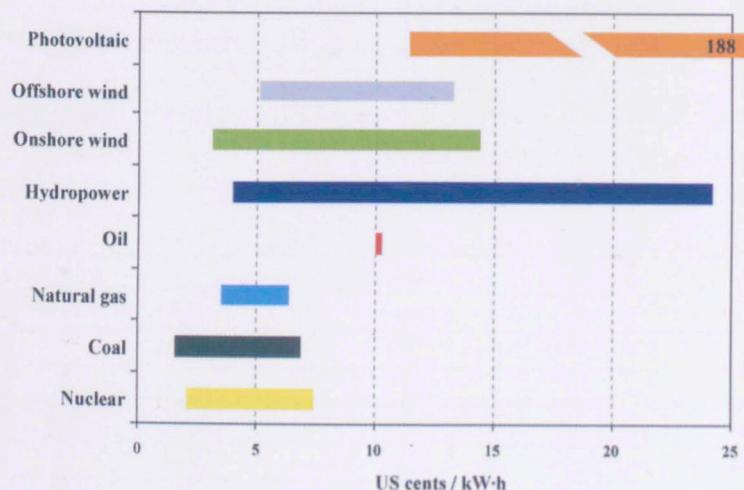


Singkatan: IGCC = *Integrated Gasification Combined Cycle*

SOALAN 17 Berapakah kos penjanaan bagi loji janakuasa nuklear berbanding loji-loji lain?

JAWAPAN Kos penjanaan elektrik daripada loji janakuasa nuklear adalah kompetitif berbanding penjanaan sumber tenaga lain, kecuali berbanding loji janakuasa arang batu yang terletak berhampiran lombong arang baru. (Rujuk Rajah 7)

Rajah 7: Julat Keseluruhan Kos Penjanaan Elektrik bagi Pelbagai Sumber Tenaga
(Sumber: Agensi Tenaga Atom Antarabangsa, IAEA)



(Sen Amerika Syarikat per kilowatt-jam (kWh))

Singkatan: Solar PV – Solar Photovoltaic

SOALAN 18 Sejauh manakah penerimaan masyarakat terhadap penggunaan tenaga nuklear di Malaysia?

JAWAPAN Penerimaan masyarakat di Malaysia terhadap penggunaan penjanaan kuasa nuklear belum dikaji secara objektif. Walau bagaimanapun, program penyebaran maklumat awam sedang giat dilaksanakan untuk mempertingkatkan penerimaan rakyat Malaysia ke arah ini.

SOALAN 19 Sudahkah Malaysia bersedia ke arah penggunaan tenaga nuklear dari segi pembangunan modal insan?

JAWAPAN Beberapa langkah bagi memantapkan pembangunan modal insan sedang dilaksanakan. Pada masa ini, Agensi Nuklear Malaysia mempunyai sejumlah 322 pegawai penyelidik di terlatih dalam pelbagai bidang teknologi nuklear dan juga teknologi yang berkaitan.

Selain daripada itu, Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi telah merancang dan melaksanakan pelbagai program dengan kerjasama agensi-agensi kebangsaan dan antarabangsa yang lain. Program-program ini termasuk aspek-aspek berikut:

- i. Mendapatkan kerjasama luar untuk mengadakan latihan dalam mengenai kuasa nuklear, iaitu latihan asas sehingga peringkat pakar. Latihan ini dilaksanakan secara berperingkat sebagai persediaan negara untuk membangunkan loji janakuasa nuklear di masa hadapan;
- ii. Menghantar kakitangan terbabit untuk latihan luaran yang dianjurkan oleh negara-negara lain yang mempunyai loji kuasa nuklear dan badan-badan antarabangsa yang berkaitan, terutama di bawah program Agensi Tenaga Atom

Antarabagsa (IAEA), Forum Kerjasama Nuklear di Asia (FNCA) dan Perjanjian Kerjasama Serantau bagi Penyelidikan, Pembangunan dan Latihan berkaitan dengan Sains dan Teknologi Nuklear di Asia dan Pasifik (RCA);

- iii. Mendapatkan kerjasama luar untuk kursus kuasa nuklear berkumpulan dalam Malaysia dan tempat untuk latihan individu jangka sederhana dan panjang di luar negara; dan,
- iv. Mencadangkan bidang pengajian sains dan kejuruteraan nuklear diwujudkan di Institut Pengajian Tinggi Malaysia, menyediakan draf struktur kursus ijazah bidang kuasa nuklear, mengkaji serta menyediakan rangka dan mata pelajaran bagi kursus ijazah, profesional dan separa profesional berkenaan dengan kuasa nuklear, dan mendapatkan tenaga pengajar pakar dalam bidang ini dari seluruh dunia.

SOALAN 20 Apakah perbandingan kemalangan jiwa bagi sumber tenaga nuklear berbanding sumber tenaga lain di dunia ?

JAWAPAN Walau pun telah berlaku beberapa kemalangan serius di loji-loji janakuasa serta loji-loji pemprosesan bahan api nuklear pada masa lalu, khususnya kemalangan di Chernobyl, Ukraine, pada 1986, di Three Mile Island, Pennsylvania, Amerika Syarikat, pada 1979, dan di Windscale, atau Sellafield sekarang, United Kingdom pada 1957, cuma kemalangan di Chernobyl yang mengakibatkan kemalangan jiwa pekerja dan orang awam, di samping kemalangan jiwa pekerja dalam kemalangan di loji pemprosesan bahan api nuklear di Tokaimura, Jepun, pada 1999 dan di Kysthm, Russia, pada 1957. Jika dibandingkan dengan industri dan aktiviti manusia dalam bidang lain, secara keseluruhannya, bilangan kemalangan nuklear adalah jauh lebih kecil, walau pun kesan sesuatu kemalangan nuklear mungkin lebih besar dan serius.

(Rujuk Rajah 8)

Rajah 8:

Perbandingan Kemalangan Jiwa dalam Kemudahan Sektor Tenaga di Dunia Mengikut Sumber Tenaga pada Tahun 1970 hingga 1992

(Sumber: *University of East Anglia; Paul Scherrer Institut*
dan Agensi Tenaga Atom Antarabangsa (IAEA))

Sumber Tenaga	Kemalangan Jiwa (1970 - 1992)	Mangsa Kemalangan Jiwa	Kemalangan Jiwa perJuta Terawatt-Tahun (TW-yr) Penjanaan Elektrik
Arang batu	6,400	Pekerja	342
Gas asli	1,200	Pekerja dan orang awam	85
Kuasa hidro	4,000	Orang awam	883
Tenaga nuklear	47	Pekerja	12

SOALAN 21 Bagi rantau Asia Tenggara, negara manakah yang mempunyai perancangan untuk membina loji tenaga nuklear ?

JAWAPAN Di kalangan negara jiran di Asia Tenggara, Indonesia telah pun mengambil keputusan untuk membina 4 buah loji janakuasa nuklear dengan jumlah keupayaan 4,000 MWe untuk mula beroperasi menjelang tahun 2016, sementara Vietnam akan membina 2 buah loji kuasa nuklear dengan jumlah keupayaan 2,000 MWe menjelang tahun 2018, dan Thailand akan membina 2 buah loji kuasa nuklear dengan keupayaan 2,000 MWe menjelang tahun 2021.

SOALAN 22 Selain daripada menghasilkan tenaga elektrik, adakah teknologi nuklear dapat digunakan untuk sektor lain?

JAWAPAN Selain daripada menghasilkan elektrik, loji-loji generasi keempat ini juga akan mampu menghasilkan hidrogen cecair yang boleh diedarkan melalui sistem paip untuk digunakan sebagai bahan api gantian petroleum bagi sektor pengangkutan, industri, domestik, komersil dan juga sektor-sektor lain. Hidrogen cecair ini juga boleh digunakan sebagai bahan dinginan kriogenik (*cryogenic coolant*) untuk talian penghantaran elektrik berkeupayaan tinggi yang berasaskan superkonduktor.

Evolusi Teknologi Loji Janakuasa Nuklear

Evolusi teknologi loji janakuasa nuklear semenjak loji-loji generasi pertama yang mula dibangunkan pada awal tahun 1950an. Secara amnya, evolusi teknologi loji janakuasa nuklear ini boleh dibahagikan kepada empat generasi, seperti berikut:

a). **Loji Janakuasa Nuklear Generasi Pertama (I)**

Loji-loji generasi pertama ini telah mula digunakan pada tahun 1950an hingga ke tahun 1970an dan awal 1980an, dan lebih merupakan prototaip (*prototype*) bagi loji-loji generasi berikutnya.

b). **Loji Janakuasa Nuklear Generasi Kedua (II)**

Loji-loji generasi kedua pula telah mula digunakan pada tahun 1970an hingga ke tahun 1990an, dan merupakan loji-loji janakuasa nuklear komersil berasaskan teknologi loji-loji generasi pertama, tanpa perubahan konsep sistem atau asas rekabentuknya, kecuali dari segi penambahan, terutama penambahan sistem dan

peralatan berasaskan kepada pengalaman yang dipelajari daripada kemalangan loji nuklear di Three Mile Island.

c). **Loji Janakuasa Nuklear Generasi Ketiga (III)**

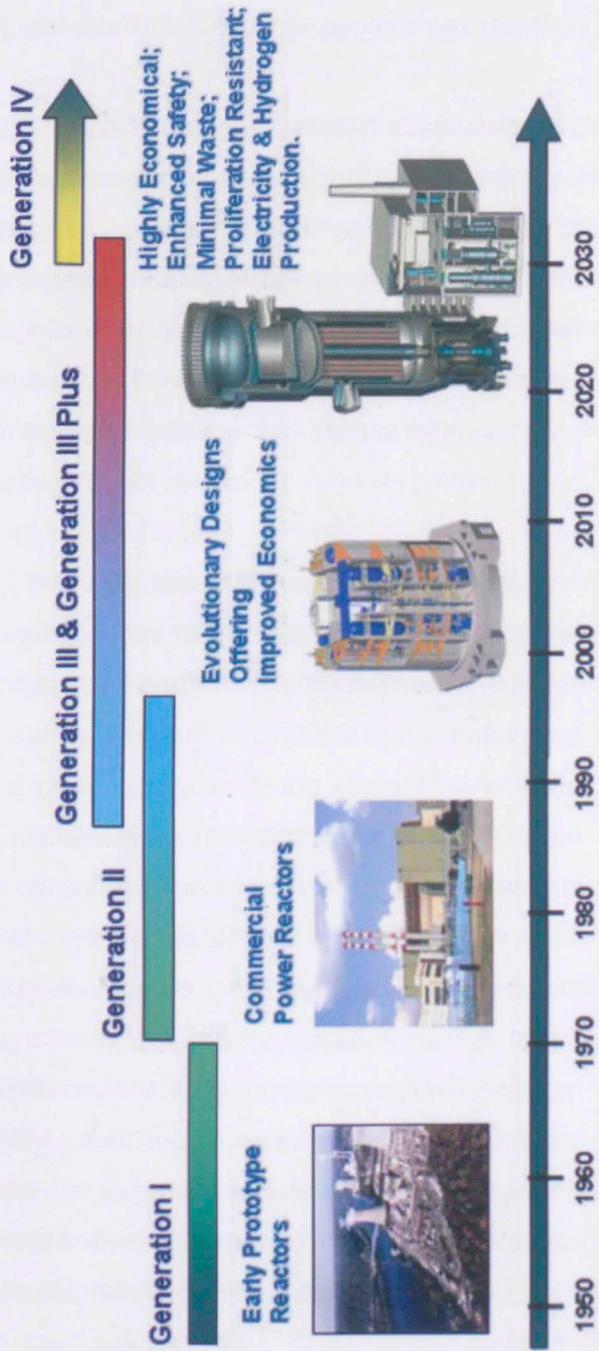
Loji-loji generasi ketiga pula hanya baru mula digunakan pada tahun 1990an hingga kini, dan merupakan loji-loji yang berasaskan kepada konsep dan rekabentuk loji-loji generasi pertama dan kedua yang telah terbukti selamat dan berdaya saing ekonomi, tetapi dipertingkatkan rekabentuk sistem dan kaedah pembinaannya supaya lebih selamat dan cepat dibina, serta lebih berdaya saing ekonomi dengan loji-loji janakuasa bukan nuklear.

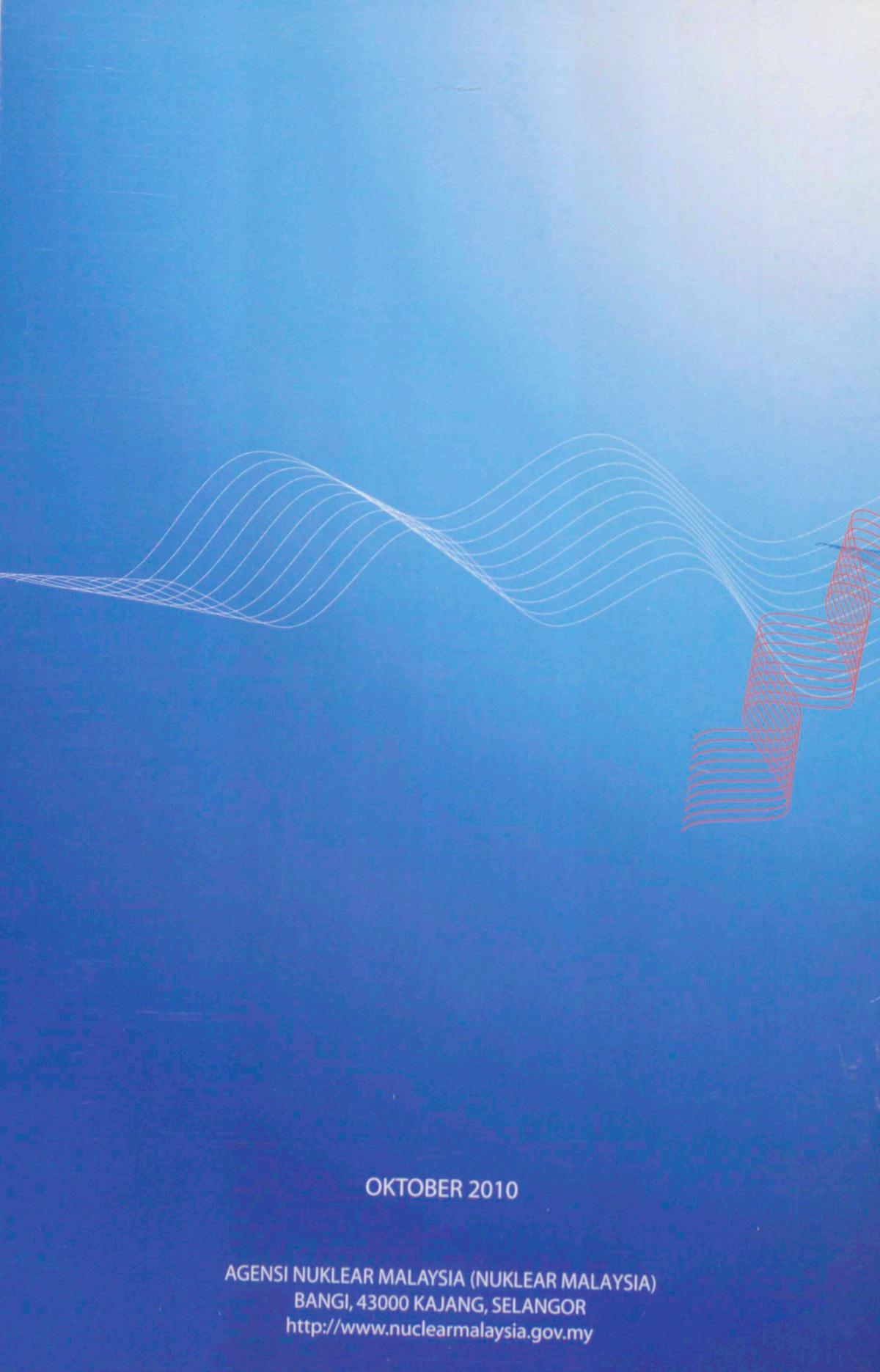
d). **Loji Janakuasa Nuklear Generasi Keempat (IV)**

Loji-loji generasi keempat masih sedang dibangunkan secara kerjasama di antara beberapa negara yang maju untuk digunakan menjelang tahun 2030, dan merupakan loji-loji yang masih berasaskan kepada prinsip teknologi yang sama dengan loji nuklear generasi yang terdahulu, yang telah terbukti selamat dan berdaya saing ekonomi, tetapi dengan konsep rekabentuk yang baru dan mampu mengatasi cabaran terkini dari segi mempertingkatkan daya saing ekonomi dengan loji janakuasa bukan nuklear, mengurangkan risiko kemalangan ke serendah mungkin, mengurangkan penghasilan sisa nuklear dan radioaktif, serta mengelakkan penyalahgunaan untuk pembangunan senjata nuklear atau pun mempunyai rintangan terhadap percambahan senjata nuklear (*proliferation-resistant*). Sebahagian daripada rekabentuk loji-loji generasi ini adalah dalam bentuk modul (*modular*).

EVOLUSI TEKNOLOGI LOJI JANAKUASA NUKLEAR

(Sumber: Generation IV Forum, GIF)





OKTOBER 2010

AGENSI NUKLEAR MALAYSIA (NUKLEAR MALAYSIA)
BANGI, 43000 KAJANG, SELANGOR
<http://www.nuclearmalaysia.gov.my>