

Nuklear Sebagai Sumber Tenaga Berpotensi

Oleh: Prof. Madya Dr. Rosalam Sarbatly
Dekan Sekolah Kejuruteraan dan Teknologi Maklumat
Universiti Malaysia Sabah



Pengenalan

Teknologi nuklear telah bermula pada tahun 1940 an. Semasa perang dunia kedua kajian banyak tertumpu kepada penghasilan bom pemusnah. Stesen janakuasa tenaga nuklear secara komersial pula bermula pada tahun 1950 an. Di awal tahun 1970an, permintaan yang tinggi terhadap tenaga menyebabkan beberapa buah negara seperti Perancis dan Jepun mula beralih kepada tenaga nuklear. Peralihan ini didorong oleh ketidakpastian politik dalaman negara-negara pembekal bahan api fosil yang menyumbang kepada kekurangan bekalan dan lonjakan harga di pasaran. Buat masa ini, tenaga nuklear yang berusia lebih 60 tahun telah menyumbang kepada 32 negara. Di seluruh dunia, terdapat sebanyak 432 buah loji janakuasa dengan jumlah bekalan elektrik mencecah 345,000 MWe.

Dalam tahun 2009, World Nuclear Association (WNA) melaporkan Perancis menggunakan 75% sumber tenaga nuklear untuk menjana elektrik dengan jumlah tenaga 392TWh (TeraWatt per hour), USA 20% dengan 797TWh, Jepun 29% dengan 263TWh, Jerman 26% dengan 128TWh, dan Korea Selatan 40% dengan 141TWh. Lithuania yang berkeluasan 65,200 kilometer persegi dengan jumlah penduduk kurang daripada empat juta orang menggunakan peratusan sumber tenaga elektrik berasaskan tenaga nuklear tertinggi sebanyak 76% dengan jumlah tenaga 10TWh.

Mengikut kajian agensi tenaga antarabangsa (IEA) dalam laporan "World Energy Outlook," menjelang tahun 2030, peratusan penggunaan tenaga nuklear berbanding jumlah keperluan tenaga elektrik dijangka meningkat hampir dua kali ganda daripada 10% kepada 18% manakala arang batu menyusut daripada 44% kepada 21%. Permintaan tenaga pada tahun 2030 dijangka berkembang sebanyak 45% berbanding permintaan sekarang sebanyak 13,000 juta ton setara minyak (Mtoe).

Sungguhpun terdapat banyak sumber tenaga seperti biomass (biofuel), tenaga solar, hidro, geo-terma, angin, dan ombak, perbincangan lanjut akan lebih tertumpu kepada bahan api fosil, hidro, dan nuklear kerana telah terbukti mampu menghasilkan jumlah tenaga yang tinggi dan stabil pada satu-satu masa. 1 kg Uranium (U235) misalnya mampu menghasilkan tenaga sama banyak dengan 4500 Tons arang batu berkualiti tinggi dan jumlah tenaga ini mampu membekal tenaga kepada kota metropolitan dalam tempoh masa sebulan.

Bahan Api Fosil

Bahan api fosil seperti arang batu, petroleum, dan gas asli terhasil melalui proses luluhawa yang panjang. Sumber tenaga fosil merupakan sumber tenaga tidak boleh jana

semula. Bahan api fosil sama ada dalam bentuk pepejal, cecair ataupun gas diperolehi dari kerak bumi. Bahan api ini seterusnya ditulenkan secara berperingkat menggunakan loji-loji penapis. Penulenan bahan api fosil akan menghasilkan sisa air buangan beradioaktif dan membebaskan bahan organik meruap (VOCs) seperti gas metana.

Pembakaran bahan api fosil membebaskan lebih kurang satu per empat karbon dioksida daripada berat bahan bakar. Semasa proses pembakaran berlaku, logam-logam berat dan bahan radioaktif yang terkandung di dalam bahan api fosil akan keluar bersama-sama dengan asap cerobong yang mengandungi NOx, SOx, dan COx, dan pepejal terampai.

Arang batu menghasilkan sisa abu yang banyak mencecah sehingga 30% daripada berat asal. Secara pengiraan, bagi menghasilkan 100 MW tenaga, sekitar 75 metrik ton karbon dioksida akan terbebas dan sehingga 90 metrik ton sisa abu terhasil. Sisa abu seterusnya perlu dilupuskan ditapak pelupusan amat terkawal (strictly controlled landfill). Penggunaan teknologi terkini misalnya loji integrated gasification combined cycle (IGCC) dan combined cycle gas turbine (CCGT) yang disepadukan dengan sistem pemerangkap dan penyimpanan karbon (carbon captured and storage (CCS)) diperlukan bagi mengurangkan impak terhadap alam sekitar. Penggunaan teknologi CCS mampu mengurangkan pembebasan gas CO2 pada asap cerobong melebihi 80%, bagaimanapun teknologi ini meningkatkan kos penghasilan tenaga elektrik sehingga melebihi dua kali ganda.

Selain daripada proses pembakaran, gas asli yang diekstrak dari kerak bumi juga mengandungi gas karbon dioksida yang mencecah sehingga 30% daripada jumlah asal serta gas hidrogen sulfida. Gas-gas ini perlu diasingkan bagi menjamin kualiti hidrokarbon menggunakan loji amin, dan yang terbaru menggunakan teknologi pemisahan membran. Selepas pengasingan, gas-gas tidak dikehendaki kebiasaannya dilepaskan ke udara.

Teknologi CCS merupakan satu kaedah memasukkan semula gas CO2 ke dalam kerak bumi di bawah dasar laut bagi mengurangkan pembebasan CO2 ke udara. Teknologi CCS juga bertujuan untuk meningkatkan kadar pengekstrakan minyak (EOR) dari kerak bumi. Walaupun para saintis yakin dengan sistem keselamatan dan pemantauan teknologi CCS, aktivis alam sekitar masih tidak mengemarinya kerana terdapat kemungkinan berlaku kebocoran disebabkan oleh pergerakan bawah tanah yang berlaku secara semulajadi. Kebocoran takungan gas CO2 amat membimbangkan kerana bakal membunuh banyak hidupan laut.

Satu lagi teknologi hijau yang mesra alam dipanggil teknologi penggunaan karbon dioksida. Teknologi ini mengaplikasikan tumbuhan halus dipanggil mikroalga. Mikroalga mempunyai kebolehan menyerap dan mensintesis karbon dioksida dengan kehadiran cahaya matahari 50 kali lebih cekap berbanding tumbuh-tumbuhan lain dan menghasilkan sehingga 70% kandungan lipid, berbanding berat badannya. Lipid yang terhasil kemudiannya boleh diekstrak untuk diubah bentuk menjadi biofuel. Kajian juga mendapati bahawa terdapat spesis mikro alga tertentu yang mampu menyerap sekitar 80% daripada karbon dioksida yang dibebaskan melalui cerobong asap. Oleh itu, penggunaan mikroalga dijangka mempunyai potensi besar untuk dimajukan.

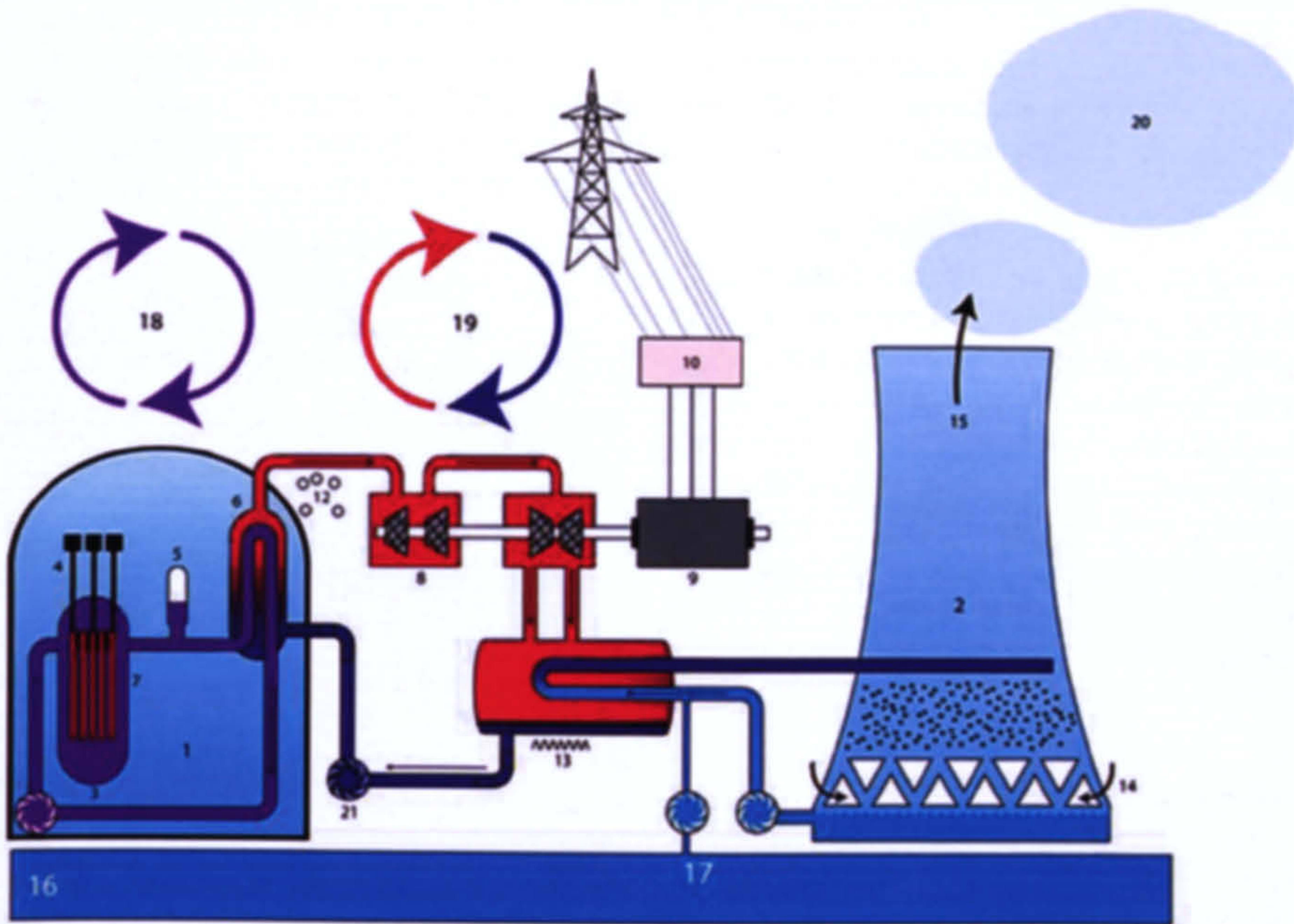
Janakuasa Hidro Elektrik

Janakuasa hidro elektrik pada asasnya mampu menghasilkan tenaga elektrik yang besar dengan kos marginal (kos operasi dan baikpulih) yang murah dan tidak menghasilkan bahan-bahan pencemaran. Bagaimanapun pembinaan empangan berskala besar boleh mendatangkan kerosakan terhadap ekosistem disebabkan oleh penenggelaman kawasan hulu dan pengeringan di bahagian hiliran. Selain itu, iklim tropika yang menerima taburan hujan yang tidak sekata dan tinggi boleh menyebabkan aras takukan air meningkat secara mendadak. Melepaskan air secara mendadak pula boleh menyebabkan banjir di bahagian hiliran. Takungan air di kawasan muka bumi berbukit dengan tanah yang rapuh akan meningkatkan kemungkinan runtuh tanah disebabkan oleh kadar resapan air yang tinggi dan seterusnya melemahkan struktur tanah.



Gambar Hiasan : Janakuasa Hidro Bakun, Sarawak Dalam Pembinaan

Di China dan Amerika Syarikat misalnya terdapat beberapa empangan yang menghadapi risiko pecah. Berbanding dengan di Norway dan Kanada, janakuasa hidroelektrik menjadi pilihan utama disebabkan oleh bentuk mukabumi yang terdiri dari bukit batuan kukuh yang mampu menampung tekanan air yang tinggi. Struktur tanah batuan juga secara semulajadi dapat mengekang hakisan dan runtuh. Berdasarkan struktur tanah dan taburan hujan tahunan, pembinaan empangan berskala kecil dijangka lebih menguntungkan untuk diaplikasikan di Malaysia.



Rajah menunjukkan carta alir loji tenaga nuklear jenis reaktor air bertekanan tinggi (sumber: <http://wikiversity.org>)

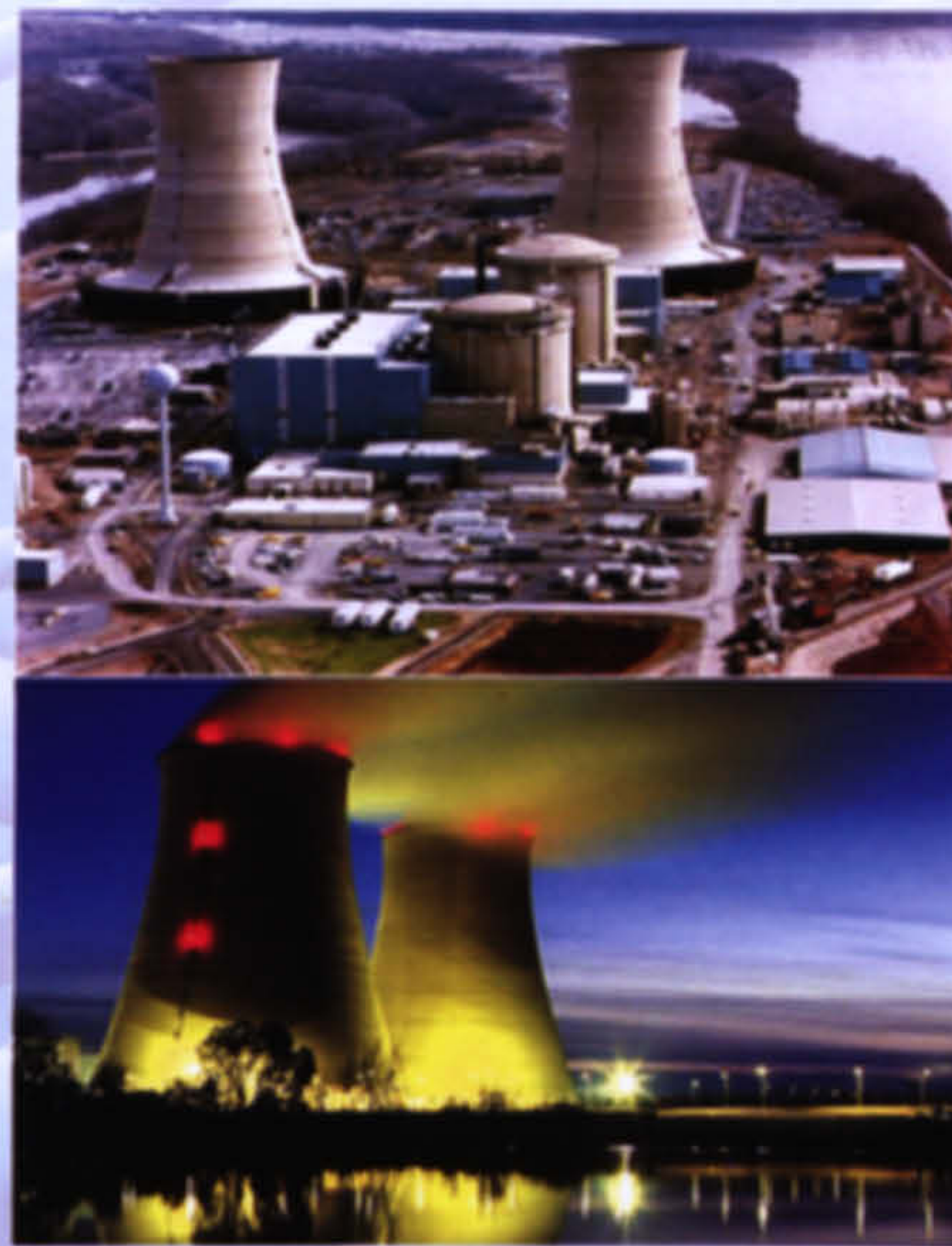
Petunjuk Rajah

- | | | | |
|-----------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------|
| (1) Blok Reaktor | (2) Menara Penyejuk | (3) Reaktor | (4) Rod Kawalan |
| (5) Penyukong Untuk Tekanan | (6) Penjana Stim | (7) Element Bahan Api | (8) Turbin |
| (9) Janakuasa Elektrik | (10) Transformer | (11) Penyejat | (12) Gas-gas |
| (13) Cecair | (14) Udara | (15) Udara (Lembapan) | (16) Sungai |
| (17) Penyejuk-kitaran Air | (18) Gegelung Utama | (19) Gegelung Kedua | (20) Wap Air |
| (21) Pam | | | |

Loji Tenaga Nuklear

Tenaga nuklear terhasil daripada proses pembelahan logam berat seperti uranium dan plutonium. Tenaga nuklear juga dikategorikan sebagai sumber tenaga tidak boleh jana semula. Uranium dan plutonium umumnya boleh ditemui terbiar di merata-rata tempat terkandung di dalam pitchblende, uraninite, carnotite, autunite, uranophane, dan tobernite. Ia juga boleh ditemui pada batu phosphate, lignite, dan pasir monazite. Uranium sebenarnya berasal dari planet Uranus yang telah jatuh ke bumi juga dikenali sebagai meteorit. Antara negara-negara yang mempunyai rizab simpanan tenaga nuklear yang banyak termasuklah Khazastan, Australia, dan Afrika Selatan. Berdasarkan kajian semasa, sumber tenaga nuklear mampu bertahan untuk tempoh melebihi 300 tahun.

Sumber tenaga nuklear terhasil melalui tindakbalas penghuraian secara terkawal uranium ataupun plutonium di dalam kebuk reaktor tertutup. Tindakbalas penghuraian ini juga dikenali sebagai fision. Dalam proses tersebut, nuklei elemen berat akan terbahagi apabila dihentam oleh neutron. Proses pembahagian atom kepada dua akan membebaskan dua atau tiga neutron, beserta pembebasan lebih kurang 200 juta volt tenaga dalam bentuk radiasi dan haba. Disebabkan jumlah neutron terbebas lebih banyak berbanding jumlah diperlukan, tindakbalas rantaian akan berlaku. Tenaga yang terhasil akan diserap oleh media pengangkut tenaga. Reaktor nuklear yang menggunakan air sebagai media dinamakan Light Water Reactor (LWRs). Jenis reaktor ini adalah yang paling banyak digunakan.



Gambar Hiasan: Loji Tenaga Nuklear

Secara umum, pembinaan loji tenaga nuklear mengambil masa 10 tahun untuk disiapkan dengan jangka hayat sekitar 40-50 tahun. Selepas tempoh tersebut, loji nuklear perlu dibina semula atau ditukarkan kepada loji janakuasa berasaskan fosil. Penetapan tempoh hayat loji nuklear secara langsung dapat menjamin keselamatan loji. Tempoh pembinaan loji tenaga fosil seperti loji integrated gasification combined cycle (IGCC) dan combined cycle gas turbine (CCGT) pula lebih singkat kurang daripada 4 tahun.

Tempoh pembinaan loji nuklear yang panjang dengan kos yang agak tinggi mendorong kepada beberapa risiko khususnya minat yang rendah pengendali, dan kelewatan menyiapkan loji. Kurangnya minat pengendali janakuasa lebih didorong

oleh rangka polisi tenaga sesebuah negara yang kurang jelas khususnya peraturan-peraturan semasa, perjanjian harga tarif elektrik, insentif-insentif, dan perlindungan-perindungan khusus. Kelewatan pembinaan loji pula boleh berlaku disebabkan oleh isu-isu dalaman negara dan antarabangsa, perolehan bekalan lewat diterima, masalah kewangan, pengurusan kontrak yang lemah, dan kegawatan ekonomi. Kedua-dua isu ini boleh dikurangkan dengan melantik syarikat pembinaan loji nuklear yang berpengalaman dan menyediakan rangka polisi tenaga yang jelas.



Gambar hiasan: Menunjukkan Pembinaan Loji Tenaga Nuklear

Bagi membuat perbandingan kos loji janakuasa nuklear dengan loji-loji janakuasa berasaskan fosil yang lain, kos diambil kira termasuklah; kos pembinaan, kos bahan api, kos operasi dan baikpulih, kos pengurusan sisa buangan, dan kos penutupan loji (decommissioning), dan kredit karbon.

Pada dasarnya loji nuklear mempunyai kelebihan dari segi kos penggunaan bahan api yang rendah. Berdasarkan kepada asas menghasilkan satu megawatt tenaga, loji tenaga nuklear hanya memerlukan 1g uranium atau plutonium berbanding dengan 4.5 metrik ton arang batu atau 600 gallon bahan api petroleum bagi loji tenaga berasaskan fosil bagi menghasilkan jumlah tenaga yang sama. Memandangkan penggunaan bahan api nuklear sangat sedikit, kos bahan api tidak banyak menyumbang kepada kos operasi iaitu sekitar 10-20% berbanding dengan kos bahan api fosil yang boleh melebihi 50%. Sumbangan kos bahan api nuklear yang sedikit memberi satu kelebihan kepada kos pengeluaran tenaga yang stabil serta kurang dipengaruhi oleh harga bahan api di pasaran semasa. Selain itu, stok bahan api nuklear secara perbandingan boleh disimpan lebih banyak oleh pengendali loji bagi menampung operasi yang lebih lama melebihi setahun. Tindakbalas pembelahan atom loji nuklear yang tidak menghasilkan sebarang gas rumah hijau memberikan satu kelebihan kepada perolehan kredit karbon.

Dari segi kos pembinaan, loji nuklear memerlukan kos lebih tinggi bagi memenuhi piawaian keselamatan yang ketat termasuk kawalan keselamatan berganda. Piawaian yang tinggi ini sebenarnya memberi kelebihan mengurangkan risiko teknologi. Bagi loji tenaga fosil, sungguhpun kawalan keselamatan ketat dan berganda tidak diperlukan, kos tambahan diperlukan untuk membina unit-unit rawatan udara bagi memerangkap pepejal terampai, dan gas-gas hasil pembakaran bagi mengurangkan impak

terhadap alam sekitar. Kos penutupan setelah jangka hayat loji tamat yang tidak diperlukan oleh loji-loji tenaga selain loji nuklear, manakala lain-lain kos seperti baikpulih dan pengurusan adalah agak seimbang.

Dari segi kos pelupusan sisa, sisa nuklear yang dilupus dengan menanam sejauh lebih 500m ke dalam kerak bumi agak tinggi. Bagaimanapun, dengan jumlah sisa nuklear yang sedikit berbanding dengan sisa loji arang batu, pengurusan sisa nuklear boleh dilakukan secara berkala bagi menjamin kos pelupusan yang lebih efektif. Kaedah pelupusan ini juga telah lama terbukti tidak mendatangkan risiko keselamatan yang tinggi.

Perspektif Penggunaan Tenaga Nuklear di Malaysia

Berdasarkan kepada pengamatan semasa, sungguhpun ada golongan yang menyokong, tidak kurang juga yang masih menghukum teknologi nuklear disebabkan oleh tragedi pengeboman Nagasaki dan Hiroshima oleh USA pada 9 Ogos 1945 jam 10.47 petang dan tragedi letupan loji tenaga nuklear pada tahun 1986 di Chernobyl Rusia. Tragedi letupan loji Chernobyl ini terjadi disebabkan oleh rekabentuk dan pengoperasian loji nuklear yang lemah, kaedah operasi tidak teratur, pembuatan dan pengendalian kurang berpengalaman serta sebelum adanya pemantauan ketat oleh

pihak berkuasa antarabangsa dan tempatan. Dengan kematangan dan pemantauan ketat terhadap teknologi nuklear, ini memberi satu kekuatan kepada pengurusan risiko yang lebih mapan. Tidak seperti kebanyakan teknologi, teknologi nuklear tidak mudah berubah mengikut peredaran zaman dan perlu mematuhi piawaian-piawaian yang telah ditetapkan. Pembinaan dan operasi loji nuklear pula dikawal selia dengan ketat oleh pihak berkuasa tempatan dan antarabangsa, International Atomic Energy Agency (IAEA). Dengan pemantauan rapi, piawaian-piawaian yang ketat, dan pengalaman lampau, kecuaihan yang menyebabkan tragedi letupan tidak mungkin berulang.

Di Malaysia kestabilan politik dan kematangan teknologi nuklear dunia merupakan peluang kepada Negara untuk membangun dan mengguna pakai teknologi ini. Bagi mencapai sebuah negara maju menjelang tahun 2020, Malaysia perlu meneliti pembangunan sumber tenaga yang kompetatif dan stabil. Tenaga nuklear merupakan antara pilihan kerana ia mampu memberikan bekalan tenaga tinggi, kompetatif dan stabil serta mesra alam. Bekalan bahan api nuklear yang stabil tanpa dipengaruhi oleh pasaran semasa, mudah diperolehi, menjadikan kos operasi loji stabil dan dijangka mampu menawarkan tarif elektrik yang lebih murah. Dengan wujudnya bekalan tenaga yang kompetatif dan stabil, ini

juga secara langsung dapat menggalakkan pertumbuhan industri yang boleh menawarkan banyak peluang-peluang pekerjaan.

Walaupun bagaimanapun, bagi melaksanakan teknologi nuklear, kajian kemungkinan perlu dibuat secara mendalam merangkumi isu-isu polisi dalaman dan antarabangsa, risiko-risiko yang mungkin berlaku, kajian kesan kepada alam sekitar, ekonomi, dan pembangunan sosial dan modal insan serta lokasi yang tepat. Matlamat utama kajian perlu menjurus kepada keuntungan dan kesejahteraan masyarakat.

Selain pembinaan loji janakuasa, bagi memastikan bekalan tenaga lebih kompetatif dan stabil, sistem grid agihan kuasa elektrik yang berkongsi kos hampir sama rata dengan kos pembangunan dan operasi loji perlu diambil kira. Cabaran utama yang dihadapi dalam membangun sistem grid adalah liputan kawasan luas, berbukit bukau, dan keperluan tenaga setempat yang berbeza-beza. Dengan demikian, pembangunan sistem tenaga tidak berpusat (decentralised) menggunakan sumber-sumber semulajadi misalnya angin, ombak, geoterma, hidro, biomass, dan solar mungkin boleh diaplikasikan bagi kawasan terpencil, manakala kawasan-kawasan padat penduduk yang mempunyai permintaan tenaga yang tinggi perlu dihubungkan dengan sistem grid kuasa berkapasiti tinggi.

