

PERAN ENERGI NUKLIR DALAM ERA TRANSISI DAN PASCA MINYAK

M. Iyos R. Subki*
Adiwardoyo**

Abstrak

Dalam PJP I kebijaksanaan energi nasional didasarkan atas asumsi ketersediaan sumber daya energi fosil yang berlimpah sehingga eksploitasi dilakukan semaksimal mungkin terutama untuk mendapatkan devisa sebanyak-banyaknya. Dalam PJP II asumsi ini harus diubah karena dibandingkan dengan semakin meningkatkan laju kebutuhan energi dalam negeri, dan jumlah penduduk Indonesia pada saat ini yang tergolong nomor 4 di dunia, cadangan sumber daya energi yang ada terlihat menjadi semakin terbatas. Keterbatasan ini seyogyanya mendorong pemanfaatan sumber daya energi secara optimal dengan memper-timbangkan aspek nilai ekonomi, biaya lingkungan yang mungkin timbul dan konservasi sumber daya fosil, khususnya migas. Dalam mempertimbangkan nilai ekonomi, pemanfaatan sumberdaya energi fosil (minyak; gas dan batubara) sebagai komoditi ekspor, bahan baku industri dan bahan bakar perlu mendapat per-timbangan yang proporsional. Kebutuhan yang mendesak akan devisa dalam bentuk "*hard currency*" untuk membiayai pembangunan akan memberikan prioritas tinggi pada pemanfaatan sumberdaya fosil, terutama minyak dan gas bumi sebagai komoditi ekspor dan mendukung industri petrokimia, khususnya pupuk yang merupakan komoditi strategis dalam pembangunan pertanian. Dengan mempertimbangkan ragam pemanfaatan di atas, akan terlihat bahwa porsi pemanfaatan sumber daya energi, khususnya minyak dan gas bumi, disektor industri energi menjadi semakin terbatas. Dalam hal batubara, walaupun cadangan tersedia cukup banyak, pemanfaatannya terbatas karena masalah lingkungan yang ditimbulkan. Dalam konteks situasi tersebut diatas dan mengingat pula bahwa energi nuklir merupakan energi berskala besar dan penyediaan energi untuk jangka panjang, pemanfaatannya selalu tertumpu pada perkembangan teknologinya yang terbukti aman, handal, relatif ekonomis, bersih dan berwawasan lingkungan. Maka pemanfaatan energi nuklir sebagai pendamping energi fosil untuk pembangkitan listrik beban dasar merupakan alternatif yang tepat sesuai dengan kebijaksanaan diversifikasi dan konservasi.

* Kepala BATAN

** Kepala PPEN

Abstract

In the first Long Term Development Program (LTDP), national energy policy was based on the assumption that the abundant fossil energy resource would be highly exploited to maximize capital earning. In the second LTDP the assumption should be changed since the comparison among the increase in energy demand rate in the country compounded by the Indonesian population, which currently ranked 4th in the world, the energy reserve becomes more limited. The limitation should push the optimal energy resource utilization considering economical aspects, environmental cost, and fossil resource conservation, especially oil and gas. Economic value, fossil resource utilization (oil, gas, and coal) as an export commodity, industrial feedstock and fuel should receive proportional consideration. The need of hard currency to fund the development will receive high priority on the fossil resource utilization, particularly oil dan gas as export commodities and a support to petrochemical industry, particularly fertilizer which is a strategic commodity to the agricultural development. By considering various utilization, it is obvious that the energy resource utilization in particular oil and gas in the energy industrial sector will become more limited. In the case of coal, although there is quite abundant reserve, the utilization is limited because of the environmental concern. In the above context, and considering that nuclear energy is a large scale energy and allocating energy for long term, the utilization always relies on the technological development which is proved to be safe, reliable, relatively economic, clean, and environmentally sound. The utilization of nuclear energy as a alternate trade to the fossil energy for base-load electricity generation is a perfect alternative in accordance with the diversification and conservation policy.

I. PENDAHULUAN

Peran energi dalam proses pembangunan ekonomi bangsa Indonesia adalah terutama untuk mendukung proses industrialisasi; yaitu berfungsi sebagai komoditi bahan baku dan komoditi bahan bakar, yang pada dasarnya bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan taraf hidup bangsa sejajar dengan bangsa-bangsa yang sudah maju.

Indonesia memiliki beragam sumberdaya energi baik yang tidak terbarukan maupun yang baru dan terbarukan. Pengelolaan sumberdaya energi harus dilakukan untuk mendapatkan nilai tambah yang tinggi melalui optimasi pemanfaatan sumberdaya energi untuk mendukung terlaksananya pembangunan yang berkelanjutan dan berwawasan lingkungan. Oleh karenanya sumberdaya energi yang tidak terbarukan, pemanfaatannya harus berpegang pada prinsip sehemat mungkin, Sedangkan untuk sumberdaya energi yang terbarukan perlu dipelihara keberadaannya dalam arti kemampuannya untuk selalu dapat memperbaharui diri. Selama ini pemanfaatan sumberdaya energi yang tidak terbarukan mendominasi pemasokan energi nasional. Perlu di catat, misalnya minyak bumi pada awalnya mempunyai peran yang terbesar, setelah diterapkan program diversifikasi dapat diusahakan peran dari minyak bumi berangsur-angsur menurun.

Dengan memperhatikan jumlah penduduk yang lebih dari 200 juta cadangan sumberdaya energi Indonesia tidaklah berlimpah. Cadangan minyak cukup untuk maksimum 20 tahun, gas untuk 60 tahun dan batubara 200 tahun pada kecepatan produksi sekarang. Dalam era transisi dan pasca minyak pendayagunaan energi nuklir tentu bermanfaat untuk penurunan pengurusan energi fosil (terutama minyak bumi, gas bumi dan batubara). Pada prinsipnya sumberdaya fosil sangat berharga bagi pembangunan nasional, yang mempunyai fungsi sebagai sumber energi dan bahan baku industri dalam negeri serta sebagai sumber devisa negara. Selain dari pada itu pemanfaatan peran energi nuklir dapat mengurangi polusi lokal dan global, serta dapat menciptakan kompetisi sehat antara berbagai bahan bakar.

II. PENGGUNAAN ENERGI DAN DAMPAK LINGKUNGAN

Sepuluh tahun terakhir pada abad ini, umat manusia akan bertambah sekitar 1 milyar orang menjadikan jumlah manusia di dunia ini mencapai angka 5,8 milyar dan diperkirakan akan terus meningkat jumlahnya mencapai sebesar 10 milyar pada pertengahan abad-21. Di samping itu terjadinya kerusakan dan degradasi lingkungan akibat ulah manusia mempunyai potensi pengaruh yang merugikan untuk pertumbuhan pembangunan yang berkesinambungan, Hal ini dirasakan dalam skala lokal maupun regional bahkan global dan dapat merupakan dampak negatif yang serius.

Penggunaan energi di dunia selalu meningkat. Seluruh konsumsi energi primer telah meningkat terus menerus sejak tahun 1960-an. Hal ini mencerminkan adanya pertumbuhan di bidang ekonomi dan populasi.

Penggunaan energi dan sistem produksi listrik harus selalu didasarkan pada perbandingan dari opsi yang tersedia maupun opsi lain termasuk kon-servasi. Dahulu, ekonomi memainkan peranan yang penting: energi termurah dinilai sebagai energi terbaik. Keadaan ini telah berubah banyak. Ekonomi tetap amat penting, tetapi guncangan harga minyak pada tahun 1970-an membawa ke suatu kesadaran bahwa penting untuk mengkaji antara ketersediaan dan harga pasokan energi primer di masa mendatang. Ketergantungan energi menjadi suatu faktor yang relevan. Lebih lanjut dengan kenaikan kesadaran dan perhatian terhadap konsekuensi-konsekuensi lingkungan dari produksi dan penggunaan energi, biaya untuk penyelamatan lingkungan dari setiap penggunaan energi dan pembangkitan listrik sekarang harus diperhitungkan, karena penggunaan energi di dunia telah mencapai tingkat yang dampak lingkungannya telah menjadi aspek penting yang perlu diperhatikan dalam skala regional dan lokal. Problem hujan asam, yang dihubungkan dengan emisi pembakaran bahan bakar fosil telah terbukti dan diakui selama beberapa dekade di Eropa dan bagian Amerika Utara dan juga di negara-negara berkembang tertentu, khususnya Cina.

Masalah emisi gas CO₂ dan beberapa gas lainnya menjadi perhatian penting di dunia pada masa-masa mendatang. Peningkatan CO₂ akan berpengaruh terhadap perubahan curah hujan dan pemanasan suhu bumi yang lebih dikenal dengan efek rumah kaca (*greenhouse effect*). Saat ini di beberapa lembaga litbang giat dilaksanakan studi terhadap dampak meningkatnya emisi CO₂. Sebagai hasilnya dilaporkan bahwa apabila emisi CO₂ meningkat dua kali lipat, maka suhu akan meningkat 2^oC-5^oC dan curah hujan meningkat 3% - 15%. Dua pertemuan tingkat internasional yang telah membahas dan berhasil merumuskan keputusan penting tentang penggunaan energi kaitannya dengan dampak lingkungan dan perubahan iklim adalah:

- 1) Pada bulan Mei 1991, Badan Tenaga Atom Nasional (*International Atomic Energy Agency, IAEA*) bergabung dengan sepuluh organisasi internasional lainnya mengadakan simposium "*Senior Expert Symposium on Electricity and Environmental*" di Helsinki. Simposium melakukan suatu kajian meliputi banyak hal dari lingkungan dan faktor-faktor kesehatan dan juga faktor-faktor ekonomi dalam pelayanan penyediaan listrik. Pada perbandingan kajian resiko antara sistem-sistem pembangkit listrik yang berbeda, dengan mempertimbangkan daur keseluruhan (yaitu mulai dari ekstraksi bahan bakar dari bumi, fabrikasi, sampai pengelolaan limbah), dinyatakan, pada

simposium ini antara lain, bahwa: "selama kondisi operasi rutin tenaga nuklir dan sistim energi terbarui mempunyai spektrum resiko kesehatan lebih rendah dari sistim energi dengan bahan bakar batubara dan minyak".

- 2) Konferensi dunia tentang perubahan iklim (*The conference of Parties-3 to the United Nations Framework Convention on Climate Change*) yang dilaksanakan di Kyoto, Jepang bulan Desember 1997 menghasilkan kesepakatan bahwa di setiap negara atau secara bekerjasama mengurangi emisi CO₂ sebesar 5,2% dibawah tingkat emisi tahun 1990 untuk periode tahun 2008 sampai dengan tahun 2012, serta melaksanakan promosi, penelitian dan pengembangan serta peningkatan pemanfaatan teknologi maju yang akrab lingkungan dan bebas emisi CO₂

Setelah kita mengulas tentang kondisi penggunaan energi dan dampak lingkungan serta pengaruhnya terhadap perubahan iklim, secara khusus perlu kita tinjau bagaimana peran energi nuklir sampai saat ini dan masa mendatang. Energi nuklir merupakan teknologi teruji yang telah terbukti memberikan kontribusi yang besar terhadap suplai listrik dunia, serta memiliki potensi besar pula dalam mengurangi polutan udara yang ditimbulkan dari pem-bangkitan listrik (sebagai contoh sejak tahun 1958 penggunaan energi nuklir telah berhasil menghindarkan sejumlah 8 milyar ton emisi CO₂ ke atmosfer). Hal tersebut telah membuat suatu kontribusi yang berarti dengan hampir 18% dari konsumsi listrik dunia dalam tahun 1997 berasal dari tenaga nuklir. Di dalam pengembangan teknologi yang sedang berjalan untuk disain reaktor dan manajemen limbah menuju tingkat keselamatan yang lebih tinggi dan lebih kompetitif secara ekonomi, akan lebih memantapkan peranan penting daya nuklir dalam strategi untuk mengurangi emisi CO₂, hal ini penting sebagai pedoman penyusunan program energi masa mendatang.

III. ENERGI NUKLIR UNTUK PENYEDIAAN LISTRIK DALAM ERA TRANSISI DAN PASCA MINYAK

Peran energi nuklir dalam era transisi dan pasca minyak sebagai pendamping energi fosil untuk memenuhi kebutuhan listrik nasional ditinjau dari kebijaksanaan energi nasional, pola pemakaian energi , teknologi, Keselamatan, lingkungan, ekonomi, *Science and Technology Base*, kerjasama internasional dan pengawasan.

3.1. Kebijakan Energi Nasional

Pembangunan bidang energi diarahkan untuk mendorong kegiatan pembangunan dan pemerataan hasil-hasil pembangunan serta meningkatkan kesejahteraan rakyat, dan ditujukan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat akan energi, dan meningkatkan mutu pelayanan kepada masyarakat. Kebijakan Umum Bidang Energi (KUBE) menetapkan lima kebijaksanaan utama yaitu:

- Diversifikasi: melakukan penganekaragaman jenis energi yang digunakan oleh setiap sektor pemakai.
- Intensifikasi : menciptakan iklim yang mendorong upaya penemuan ca-dangan tambahan dan baru.
- Konservasi : melakukan upaya konservasi di sisi hulu dan sisi hilir untuk kepentingan generasi mendatang
- Harga rata-rata energi : menerapkan konsep ekonomi pasar dalam pemanfaatan energi
- Lingkungan : memasukkan pertimbangan mengenai dampak terhadap lingkungan hidup pada setiap aspek pemanfaatan energi.

Implementasi kebijakan energi mencakup beberapa aspek, seperti terbitnya peraturan standar, insentif dan disinsentif harga energi, serta aplikasi teknologi yang tepat. Teknologi ini akan dipertimbangkan dengan diidentifikasi sebagai berikut :

- Teknologi energi yang mampu menggantikan peran minyak bumi dalam pembangkitan listrik, karena minyak bumi merupakan sumber daya energi yang terbatas
- Teknologi yang menjamin dan mengamankan pasokan energi nasional yang berkesinambungan dalam jangka panjang.
- Teknologi energi bersih dan efisien untuk mendukung program lingkungan dan pembangunan yang berkesinambungan

Opsi energi nuklir dipandang mampu memenuhi tujuan mengurangi ketergantungan kepada minyak bumi, sehingga minyak dan gas dapat digunakan untuk ekspor dan sebagai *feed stock* industri petrokimia untuk mendukung era lepas landas pada PJP-II, dan sekaligus mengamankan pasokan energi jangka panjang serta mendukung program pengurangan dampak polusi udara.

3.2. Pola Pemakaian Energi

Selama PJP-II ada kecenderungan perubahan pola pemakaian energi. Jika pada akhir PJP-I sektor pemakai energi yang paling besar adalah sektor industri,

maka diperkirakan pada awal tahun 2000-an sektor transportasi akan menjadi sektor pemakai energi yang paling besar. Perubahan pola ini perlu mendapat perhatian besar yang sungguh-sungguh mengingat lebih dari 90% jenis energi yang digunakan oleh sektor transportasi adalah bahan bakar minyak (BBM), sedangkan cadangan minyak bumi semakin menipis.

Untuk mengantisipasi melonjaknya kebutuhan energi di sektor transportasi, maka perlu diciptakan sistem transportasi massal (*mass rapid transportation*), khususnya melalui elektrifikasi kereta api. Dengan adanya transportasi massal ini diharapkan laju pemakaian energi, khususnya minyak bumi dapat dikurangi dan juga dapat mengurangi polusi lingkungan. Sejalan dengan pola pemakaian energi di masa mendatang, maka nuklir perlu di dayagunakan mengingat energi nuklir mempunyai sumberdaya yang lebih besar dari fosil. Nuklir sebagai sumberdaya energi yang fundamental harus diterapkan dengan konsisten dalam rangka diversifikasi dan konservasi.

3.3. *Teknologi Terbukti*

Sistim energi nuklir dengan prinsip fisi dalam bentuk Pusat Listrik Tenaga Nuklir (PLTN), telah mencapai kematangan teknologi. Artinya matang dari segi keandalan, keamanan dan ekonomi. PLTN dari generasi tahun 90-an telah mencapai *margin of safety* yang sangat tinggi dibandingkan dengan sistim sebelumnya dan juga sistim fosil. Ini semua berkat pengembangan teknologi yang terus menerus oleh industri nuklir dan lembaga litbangnya di bidang rekayasa, bahan-bahan baru dan instrumentasi serta komputer. Keterbuktian PLTN dari segi industri dapat dilihat dari prestasi unjuk kerjanya di dunia antara lain:

- Nuklir memasok 18% dari seluruh energi listrik di dunia,
- Jumlah sistim nuklir yang beroperasi sekarang adalah 443 PLTN,
- Pengalaman operasi PLTN sekarang lebih 9000 tahun reaktor,
- Jumlah PLTN dalam tahap konstruksi adalah 35 unit.

3.4. *Aman dan Bersih Lingkungan*

Dalam sistim nuklir, falsafah dan tradisi keselamatan menekankan bahwa keselamatan adalah prioritas utama. Diterapkannya standard internasional yang tinggi, sistim jaminan mutu dan pengaturan yang efektif menjamin tingkat keselamatan yang tinggi. Dari segi teknologi keselamatan, diterapkan sistim pertahanan berlapis, yang mencegah insiden kecil menjadi kecelakaan dan mengungkung zat radioaktif yang timbul agar tetap berada dalam sistim pengungkung (sistim isolasi). Sistim mitigasi yang bekerja untuk menurunkan akibat-akibat kecelakaan katastrofik sampai minimal sesuai dengan standard proteksi radiasi.

Teknologi keselamatan nuklir pada akhir tahun 70-an sudah sangat tinggi. Bahkan kecelakaan katastrofik di pusat listrik nuklir *Three Mile Island* (TMI-2) tahun 1979, sama sekali tidak menimbulkan dampak radiologis kepada manusia apalagi lingkungan. Besarnya dosis radiasi pada pagar luar kurang dari 20 *mrem*, ini berarti seluruh zat radioaktif tetap berada dalam sistim isolasi (bandingkan dengan dosis radiasi alam sebesar 240 *mrem* per tahun).

Kejadian di reaktor Chernobyl IV di Ukraina tahun 1986 merupakan kecelakaan katastrofik terbesar yang menimbulkan kematian langsung kepada 31 personel dan pencemaran radioaktif yang sangat luas. Reaktor Chernobyl IV tidak dirancang sesuai dengan standar keselamatan internasional, teras reaktor yang reaktif, batang kendali yang kurang jumlahnya dan lambat, tak ada sistim isolasi dan adanya "interlocks" yang di "bypass".

Dari segi lingkungan nuklir sangat bersih dari polutan dibandingkan sistim fosil yang mengeluarkan berbagai zat berbahaya seperti : VHC, NO₂, SO₂, CO, CO₂, logam berat, debu dan lain lain. Sistim nuklir dapat menimbulkan polutan radiasi yang harus ditekan tingkatannya dengan teknologi proteksi radiasi hingga di bawah standard yang diijinkan. Satu hal yang masih menghantui adalah persepsi tentang limbah radioaktif. Masalah ini secara teknologi telah terpecahkan. Teknologi proses pengelolaan limbah radioaktif telah mapan dan diperbaiki terus dan sekarang pengalaman pengelolaan limbah aktif telah lebih dari 35 tahun.

3.5 *Ekonomi Kompetitif*

Berbagai perhitungan telah menunjukkan bahwa biaya pembangkit PLTN berdaya 700 –1500 MWe yang berkisar antara 40 – 42 mills/kWh kompetitif terhadap biaya pembangkit PLTU batubara berdaya 600 MWe yang besarnya 41,7 mills/kWh, serta kompetitif terhadap IGCC (*Integrated Gasification Combined Cycle*) 400 MWe dengan biaya pembangkitannya 43,7 mills/kWh. Perhitungan didasarkan pada asumsi *discount rate* 10%, PLTU dengan peralatan DeSOx, faktor kapasitas 80%, eskalasi bahan bakar fosil 1% serta dinyatakan dalam US\$ tahun 1995.

3.6 *"Science and Technology"*

Sistim energi nuklir seperti telah diuraikan terdahulu bersifat intensif teknologi dan tidak intensif sumber daya alam. Pengembangan dan perbaikan yang terus menerus dari segi iptek akan menghasilkan produk dengan kualitas yang makin baik. Di samping itu industri (termasuk perusahaan listrik) akan menentukan persyaratan yang tinggi bagi kualitas operasi dan pemeliharaan sistem. Penampilan operasi dan bahan bakar akan harus ditingkatkan terus untuk bisa kompetitif demikian juga aspek keselamatannya. Semua ini memerlukan adanya *Science and Technology* untuk analisis dan pemecahan masalah, untuk litbang jangka panjang dan menjawab

lunak yang cukup canggih untuk mendukung program nuklir antara lain fasilitas-fasilitas : rekayasa dan perangkat nuklir, reaktor uji 30 MW, produksi bahan bakar nuklir, uji bahan bakar nuklir, uji keselamatan reaktor, akselerator, pengelolaan limbah radioaktif, pengelolaan data dan pusat pengembangan manajemen. Peran STB nuklir jelas sangat penting untuk mendukung program nuklir di abad 21 untuk tetap memimpin di bidang iptek nuklir di kawasan negara-negara Asean dan membina interdependensi internasional di bidang teknologi nuklir.

3.7. *Kerjasama Internasional*

Kerjasama adalah salah satu cara yang penting untuk mempercepat Penguasaan dan perkembangan iptek dan dalam rangka alih teknologi serta pembinaan SDM. Pengembangan iptek nuklir di berbagai negara banyak berhasil melalui kerjasama internasional.

Pola kerjasama dapat dikembangkan baik secara bilateral (antar negara) maupun multilateral melalui badan badan internasional dan regional. Bagi Indonesia hampir seluruh bidang iptek nuklir bisa dikembangkan kecuali untuk maksud-maksud pembuatan senjata. Sebagai negara yang cinta damai Indonesia telah meratifikasi salah satu konvensi internasional di bidang nuklir yaitu *Nuclear Non Proliferation Treaty (NPT)*. Berbagai konvensi interna-sional lainnya harus kita taati untuk menjamin keselamatan dan proteksi lingkungan antara lain : konvensi tentang "*Nuclear safety*", *Radioactive Waste, Transport of Radioactive Materials. International Atomic Agency (IAEA)* merupakan saluran terpenting untuk kerjasama internasional, khususnya untuk pembinaan SDM, mendatangkan pakar tertentu dan memperoleh berbagai paket informasi dan perangkat lunak. Kerjasama Indonesia di bidang iptek nuklir secara bilateral dalam bentuk pertukaran tenaga ahli, pelatihan dan pengadaan alat telah lama berlangsung dengan AS, Canada, RFJ, Perancis, India, Jepang dan Australia. Disiplin yang sangat dibutuhkan untuk pembangunan di bidang energi nuklir telah tercakup meliputi antara lain : teknologi reaktor, daur bahan bakar nuklir, akselerator, teknologi uji, keselamatan nuklir, sistim instrumentasi dan kendali, bahan nuklir, kedokteran nuklir dan bidang-bidang iptek pendukung.

3.8. *Pengawasan Nuklir*

Seperti ditekankan di atas pengembangan dan pemanfaatan iptek nuklir harus dilaksanakan dengan menempatkan prioritas tertinggi kepada keselamatan. Secara *inheren* dan *internal* setiap organisasi yang berkecimpung dalam bidang nuklir harus menerapkan peraturan dan standar keselamatan yang tinggi sesuai dengan standar internasional dan peraturan nasional. Hal ini telah dibahas pada bab mengenai keselamatan dan lingkungan, di lain pihak secara eksternal harus ada pengawasan oleh Badan yang independen yaitu Badan Pengawasan Nuklir yang di Indonesia di sebut

Badan Pengawas Tenaga Nuklir (Bapeten). Badan ini sudah berdiri dan berfungsi untuk lebih menjamin derajat keselamatan yang dicapai oleh Badan Pelaksana yang berkecimpung di bidang; litbang, operasi, produksi dan penambangan. Baik dari segi keselamatan, kelembagaan, maupun dari segi konvensi internasional fungsinya Bapeten merupakan *conditio sine quanon* bagi pengembangan dan pemanfaatan iptek nuklir di setiap negara.

IV. KESIMPULAN

1. Dengan asumsi bahwa ekonomi Indonesia akan meningkat pada permulaan abad 21, penduduk masih bertambah dan menginginkan peningkatan kualitas hidup, maka permintaan akan energi dalam berbagai bentuk akan meningkat pula. Ini akan merupakan tantangan besar dalam penyediaan energi secara besar dan baik sesuai dengan tujuan dan langkah kebijaksanaan energi nasional untuk mendukung terlaksananya pembangunan yang berkelanjutan dan berwawasan lingkungan.
2. Suatu jenis bahan bakar dapat melakukan penetrasi ke dalam pasar dan menjadi bagian dari sistim energi nasional, kalau memenuhi beberapa kriteria terutama teknologi yang telah terbukti, tingkat keselamatan terhadap manusia dan lingkungan yang tinggi dan secara ekonomis kompetitif terhadap bahan bakar/energi yang lain.
3. Sistim energi nuklir yang kompetitif dan aman sebagai pendamping energi fosil dalam era transisi dan pasca minyak, dapat memberi sumbangan yang menentukan bagi tercapainya tujuan dan langkah-langkah kebijaksanaan energi nasional.

V. DAFTAR PUSTAKA

- 1) SUBKI, M. IYOS R. : Status Of Nuclear Power Program In Indonesia, 30th JAIF Annual Conference, Tokyo 8-11 April 1997;
- 2) SUBKI, M. IYOS R. : The Need For Nuclear Power In Indonesia, Conference on Fuel Source for Power Generation, Singapore, 27-29 October 1997;
- 3) SUBKI, M. IYOS R. : Problems Of Introducing First Nuclear Power Plants In A Developing Country With Some Natural Energy Resources. The Case Of Indonesia. Global 97, Yokohama, October 5-10, 1997;
- 4) SUBKI, M. IYOS R. : Introducing Nuclear Power Plants In A Developing Countries And The Role Of International Cooperation, Icone-6, San Diego, May 10-14, 1998;
- 5) IAEA: Sustainable Development & Nuclear Power, Vienna, Austria, November 1997;
- 6) OECD: Nuclear Energy In The OECD, Toward An Integrated Approach, Paris 1998;
- 7) SUBKI, M. IYOS R. : Peran Dan Potensi Energi Nuklir Dalam Sistim Energi Nasional,
- 8) BAKRI ARBIE dkk, Peran Energi Nuklir Dalam Mendukung Pembangunan Yang Berkesinambungan, Dialog PLTN, Pusat Studi Energi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 9-10 September 1998.

TABEL-1
Negara-negara yang mengoperasikan dan sedang membangun PLTN serta prosentase pasokan listriknya ¹⁾

Negara	PLTN beroperasi		PLTN sedang dibangun		Pasokan listrik PLTN, %
	Banyak unit	Keluaran (MWe)	Banyak unit	Keluaran (MWe)	
AMERIKA UTARA					
Amerika	110	100579	-	-	21,90
Kanada	21	14902	-	-	16,00
AMERIKA LATIN					
Argentina	2	935	1	692	11,40
Kuba	-	-	-	-	-
Meksiko	2	1308	-	-	5,10
Brasil	1	626	1	1245	0,70
EROPA BARAT					
Armenia	1	376	-	-	36,70
Belgia	7	5712	-	-	57,20
Perancis	57	59948	3	4355	77,40
Jerman	20	22282	-	-	30,30
Spanyol	9	7207	-	-	32,00
Swedia	12	10040	-	-	52,40
Inggris	35	12928	-	-	26,00
Swiss	5	3078	-	-	44,50
Belanda	2	504	-	-	4,80
Finlandia	4	2355	-	-	28,10
EROPA TIMUR					
Ceko	4	1648	2	1824	20,00
Slovakia	4	1632	4	1552	44,50
Bulgaria	6	3538	-	-	42,20
Hungaria	4	1729	-	-	40,80
Rumania	1	650	1	650	1,80
Lithuania	2	2370	-	-	83,40
Kazakstan	1	70	-	-	0,20
Fed. Rusia	29	19843	4	3375	13,10
Ukrania	16	13765	4	4750	43,80
Slovenia	1	632	-	-	37,90
ASIA					
Cina	3	2167	2	1200	1,30
India	10	1695	4	808	2,20
Iran	-	-	2	2146	-
Pakistan	1	125	1	300	0,60
Jepang	53	42335	2	2111	33,40
Korea Selatan	12	9770	4	3220	35,80
Taiwan	6	4884	-	-	29,07
AFRIKA					
Afrika Selatan	2	1842	-	-	6,33
Total seluruh dunia	443 (32 negara)	351475	35 (14 negara)	27028	18

TABEL 2.
BIAYA PEMBANGKITAN LISTRIK INDONESIA

		TYPE	GENERATION COST (mills/kWh)
N P P	1000 MW	Standard	41.40
	1350 MW	Advanced	40.47
	1500 MW	Large size, advanced	36.98
	700 MW	Med. size, advanced	39.60
F O S I L	600 MW	COAL W/FGD	41.70
	500 MW	COMBINED CYCLE	26.28
	400 MW	IGCC	43.68

Catatan:

- Dalam nilai US\$ tahun 1995
- Discount rate 10%
- PLTU Batubara dgn FGD