

PUSAT LISTRIK TENAGA NUKLIR: ENERGI DAN PENGARUHNYA TERHADAP LINGKUNGAN

Oleh

Edy Supriyadi

Abstrak

Pembangkit tenaga listrik dengan menggunakan bahan bakar fosil seperti minyak bumi, batu bara dan gas alam telah menyebabkan meningkatnya suhu atmosfer bumi, terjadinya hujan asam dan pengaruh pencemaran lingkungan lainnya. Di lain pihak, kebutuhan energi listrik di Indonesia terus meningkat seiring dengan laju pembangunan. Pusat listrik tenaga nuklir (PLTN) merupakan salah satu jenis pembangkit tenaga listrik alternatif yang prospektif karena mempunyai potensi sebagai pembangkit energi yang besar, hemat bahan bakar, dan jika dibuat dengan teknologi yang memadai akan memiliki tingkat keamanan yang tinggi, baik bagi kehidupan manusia maupun bagi alam lingkungannya. Namun demikian, mengingat PLTN merupakan sistem yang rumit, padat teknologi dan sangat sensitif, maka pelaksanaan program pemerintah untuk membangun PLTN di Pulau Jawa hendaknya mempertimbangkan faktor-faktor biaya, tenaga ahli, lokasi, organisasi, sistem jaringan listrik dan kesadaran masyarakat. Di samping itu, peran pendidikan untuk mensukseskan program pembangunan PLTN dan kelestarian lingkungan hidup menjadi sangat esensial, yaitu menyiapkan sumber daya manusia yang berkualifikasi untuk membangun, mengoperasikan dan merawat serta mengelola PLTN sekaligus menjaga kelestarian lingkungan hidup.

Pendahuluan

Tidak bisa dielakkan lagi bahwa kebutuhan akan energi di Indonesia, terutama energi listrik semakin meningkat dari tahun ke tahun sejalan dengan kemajuan industrinya. Kebijakan pemerintah di bidang diversifikasi energi mengharuskan dilakukannya kajian tentang pengelolaan, pengembangan dan pemanfaatan energi alternatif. Hal ini erat kaitannya dengan menipisnya cadangan minyak bumi dan batu bara serta adanya pencemaran lingkungan akibat penggunaan sumber-sumber energi di semua bidang kehidupan.

Beberapa dekade yang lalu pemakaian energi di seluruh dunia, khususnya di Indonesia lebih mendasarkan pada pertimbangan suplai dan nilai ekonomis semata sehingga energi yang termurahlah yang paling banyak digunakan, misalnya minyak bumi dan batu bara (Hans Blix, 1989:2). Akan tetapi, dengan meningkatnya suhu atmosfer bumi akibat peningkatan karbon dioksida (CO_2), terjadilah hujan asam dan masalah pencemaran lingkungan lainnya, telah menyadarkan kita semua bahwa dalam pembangkitan dan pemakaian energi harus mempertimbangkan juga faktor lingkungan. Di samping itu, cadangan energi dunia yang cukup melimpah pada beberapa waktu yang lalu khususnya energi fosil, seperti minyak bumi dan batu bara, makin menipis karena kurang dimanfaatkannya secara efisien.

Dengan meningkatnya tuntutan akan energi dan semakin menipisnya cadangan energi dunia, serta terjadinya pencemaran lingkungan akibat pemakaian energi yang tak terkendali, maka perlu dicari upaya untuk membangkitkan energi dalam skala besar tanpa menggunakan bahan bakar minyak bumi dan batu bara serta tidak menimbulkan dampak kerusakan terhadap lingkungan.

Pusat listrik tenaga nuklir (PLTN) adalah salah satu jenis pembangkit tenaga listrik yang prospektif karena mempunyai potensi sebagai pembangkit energi yang besar dan jika dibuat dengan teknologi yang memadai akan memiliki tingkat keamanan yang tinggi, baik bagi kehidupan manusia maupun bagi alam lingkungannya.

Dalam tulisan ini akan dibahas tentang dampak penggunaan bahan bakar fosil sebagai energi penggerak pada pusat pembangkit tenaga listrik terhadap pencemaran lingkungan; Pusat listrik tenaga nuklir yang meliputi potensi, reaktor dan keamanannya; serta kemungkinan pembangunan PLTN di Indonesia dan peran pendidikan kaitannya dengan program pemerintah untuk membangun PLTN di Pulau Jawa, dan melestarikan lingkungan hidup.

Dampak Penggunaan Bahan Bakar Fosil terhadap Pencemaran Lingkungan

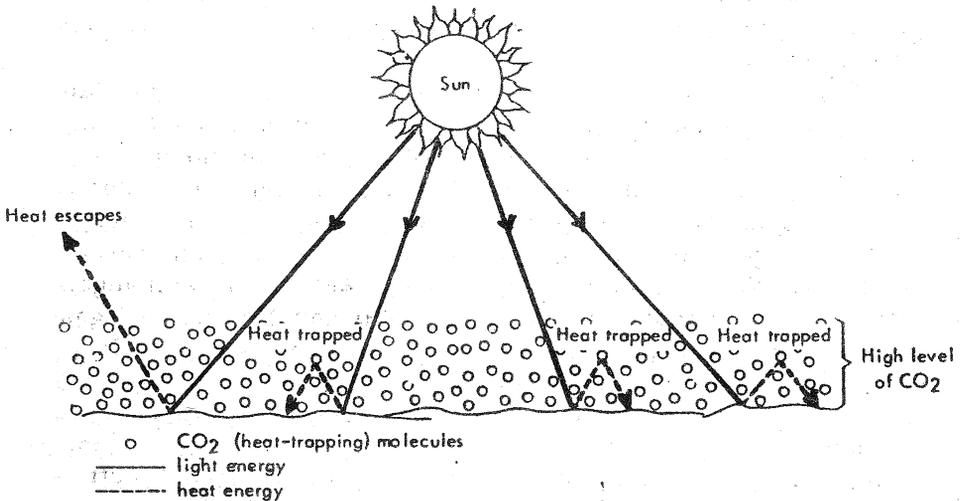
Energi listrik dalam skala besar dihasilkan melalui generator pada pusat pembangkit dengan berbagai macam

tenaga penggerak awalnya, misalnya tenaga air pada pusat listrik tenaga air (PLTA), tenaga uap (hasil pembakaran minyak bumi atau batu bara) pada pusat listrik tenaga uap (PLTU), tenaga gas pada pusat listrik tenaga gas (PLTG), tenaga nuklir pada pusat listrik tenaga nuklir (PLTN), dan sebagainya.

Dewasa ini sekitar 63% listrik dunia dibangkitkan dengan menggunakan bahan bakar fosil, seperti minyak bumi, batu bara dan gas alam. Teknologi yang digunakan pada sistem ini relatif tidak rumit. Jika ditinjau dari sudut keselamatan, pemakaian ketiga bahan bakar fosil untuk membangkitkan tenaga listrik cukup aman dan dapat diterima masyarakat, meskipun jumlah korban kecelakaan di penambangan batu bara, pemboran minyak lepas pantai dan transportasi gas adalah cukup tinggi. Dilihat dari sudut sumber daya alam, orang mungkin menyesali pembakaran sumber daya minyak dan gas yang jumlahnya terbatas, yang seharusnya bisa digunakan untuk hal-hal yang lebih berguna. Sedangkan kekhawatiran terbesar dalam pembangkitan tenaga listrik dengan pembakaran fosil adalah terjadinya efek pencemaran lingkungan, seperti terjadinya peningkatan suhu atmosfer bumi karena adanya efek rumah kaca, proses kematian hutan dan danau, terjadinya hujan asam, dan sebagainya.

Emisi karbon dioksida (CO₂), metan (CH₄), chlorofluorocarbons (CFC), nitrogen dioksida (NO₂) dan gas-gas lain yang dimuntahkan ke atmosfer lambat laun akan mengubah keseimbangan atmosfer bumi, menaikkan temperatur purata permukaan bumi dan menimbulkan apa yang disebut "efek rumah kaca". Dari semua penyebab terjadinya pemanasan rumah kaca, CO₂ merupakan gas yang paling berperan, saat ini kira-kira 5 giga ton karbon pertahun diemisikan sebagai CO₂ oleh kegiatan energi (Bayong, 1986:170). Konsentrasi CO₂ yang terlalu tinggi akan seperti kaca yang menjadi perangkap atau penghalang keluarnya radiasi energi panas dari permukaan bumi akibat sinar matahari.

Gambar 1
Efek Rumah Kaca



(Sumber: Oliver S Owen, 1985:4840)

CO₂ dihasilkan dari pembakaran semua bahan bakar fosil dan bahan organik. Tidak ada cara yang ampuh untuk menghindari emisi CO₂ dalam pembakaran seperti ini. Semua perubahan bahan bakar fosil, seperti pada kendaraan, pemanasan dan produksi listrik (PLTG, PLTU) diperkirakan memberikan kontribusi 50% dari efek rumah kaca yang ada. Sedangkan pembakaran hutan cenderung menambah 10-20% lagi (Hans Blix, 1989:4). Akan tetapi, masing-masing bahan bakar fosil tidak menghasilkan CO₂ dalam ukuran yang sama. Jika dihitung perunit energi yang dibangkitkan, pembakaran bahan bakar gas menghasilkan separuh CO₂ dari yang dihasilkan oleh batu bara. Sedangkan jumlah CO₂ dihasilkan dengan membakar minyak adalah antara yang dihasilkan oleh gas dan batu bara. Menurut Oliver S Owen (1985:485), produksi karbon dioksida dunia akibat pembakaran energi fosil meningkat 4,3% setiap tahunnya. Sedangkan konferensi di Toronto pada tahun 1988 yang lalu menyarankan bahwa emisi CO₂ saat ini, yaitu 20.000 juta ton pertahun harus dikurangi minimal 20% pada tahun 2005 yang akan datang.

Metan yang diemisikan antara lain akibat kebocoran gas alam, lubang angin dari tambang batu bara dan sumur minyak serta industri yang menghasilkan bahan baku (*extractive industries*), dan nitrogen dioksida (NO_2) yang disebabkan oleh meningkatnya pembakaran batu bara, juga memberikan kontribusi yang tidak kecil terhadap pemanasan global.

Masalah hujan asam (*the acid rain*) juga erat hubungannya dengan polusi udara akibat sulfur oksida dan nitrous oksida. Sebagai contoh sekitar 27 juta ton sulfur oksida dan 23 juta ton nitrogen oksida dimuntahkan ke udara Amerika Serikat setiap tahunnya (Reid Bryson, 1985:489). Sulfur oksida terutama dihasilkan dari pembakaran batu bara pada pusat-pusat pembangkit tenaga listrik dan industri-industri lainnya. Sulfur oksida dan nitrogen oksida akan bereaksi dan membentuk asam sulfat (H_2SO_4) dan asam nitrit (NHO_3). Akibat hujan asam ini menyebabkan kerusakan dan kematian, baik pada tumbuh-tumbuhan, hewan maupun pada manusia.

Pusat Listrik Tenaga Nuklir

Potensi

Meskipun energi nuklir telah cukup lama dikembangkan untuk membangkitkan tenaga listrik, namun pemakaiannya dalam skala besar di negara-negara berkembang belum begitu meluas. Padahal energi nuklir telah menunjukkan kemampuannya dalam membangkitkan tenaga listrik yang sangat besar, ekonomis dan tidak membahayakan lingkungan. Satu pon bahan bakar uranium U-235 adalah ekuivalen dengan energi yang dihasilkan oleh pembakaran 1500 ton batu bara (Oliver S Owen, 1985:590). Ini berarti bahwa pada skala pembangkitan energi listrik yang sama, PLTN memerlukan jumlah bahan bakar yang jauh lebih kecil dibanding pada pusat listrik tenaga uap (batu bara). Tenaga nuklir dapat mengurangi ketergantungan terhadap energi, bahkan jika bahan bakar nuklir harus diimpor pun sangatlah mudah dan relatif murah untuk menyimpan beberapa tahun persediaan bahan bakar.

Hasil penelitian badan energi internasional (IEA) menunjukkan bahwa listrik yang dibangkitkan oleh PLTN akan lebih murah dibanding listrik yang dibangkitkan pada PLTU yang menggunakan batu bara, dan menunjukkan data tampilan

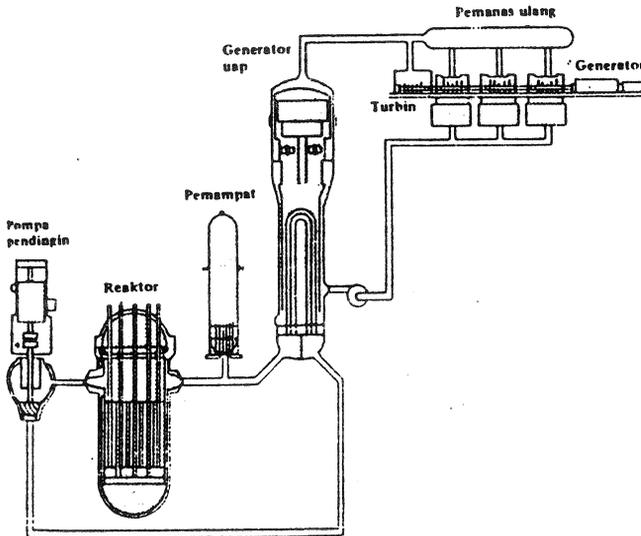
yang sama dengan PLTU minyak dan batu bara dalam semua ukuran (Hans Blix, 1989:8).

Reaktor Nuklir

Ada beberapa jenis reaktor yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Reaktor yang sering digunakan adalah reaktor air ringan atau Low Reactor (LWR). Reaktor LWR merupakan sistem reaktor termal di mana air bertindak sebagai pendingin dan moderator. Ada dua jenis reaktor LWR, yaitu reaktor air yang dimampatkan atau pressure water reactor (PWR) dan reaktor air mendidih atau boiling water reactor (BWR).

PWR merupakan salah satu reaktor yang sering digunakan dan terus dikembangkan. Bahan bakar yang digunakan pada reaktor ini adalah uranium yang diperkaya hingga 2 sampai 3 persen. Pada reaktor ini harus dicegah terjadinya pendidihan massa (bulk boiling) di dalam inti reaktor selagi air dimampatkan sampai kira-kira 150 atm (2250 lb/in abs). Inti reaktor untuk sistem PWR tersimpan di dalam sebuah bejana tekanan yang besar. Bejana-bejana ini berdiameter lebih dari 21 ft dan panjangnya lebih dari 40 ft. Dinding-dindingnya terbuat dari baja karbon setebal 8 hingga 10 in dengan permukaan dalam yang dilapisi kira-kira 5/16 in baja tahan karat untuk mendapat proteksi korosi dari air panas. Air panas yang berasal dari reaktor mengalir ke sebuah generator uap di mana panas ditransfer menjadi air dan uap di dalam loop pendingin sekunder yang beroperasi pada tekanan yang lebih rendah. Gambar 2 berikut ini merupakan salah satu reaktor PWR untuk membangkitkan tenaga listrik dengan menggunakan generator uap.

Gambar 2
Reaktor PWR untuk Pembangkit Tenaga Listrik



(Sumber: Archie W Culp, 1985:225)

Prinsip kerja dari reaktor PWR untuk membangkitkan tenaga listrik adalah sebagai berikut:

Di dalam reaktor terjadi konversi atau pelepasan energi, yaitu energi nuklir menjadi panas. Energi ini digunakan untuk memanaskan air, kemudian air dialirkan ke generator untuk menggerakkan turbin uap. Putaran turbin uap akan menggerakkan generator sehingga akan menghasilkan energi listrik. Sedangkan pemampat merupakan bejana bertekanan dengan sebuah pemanas pada bagian dasarnya dan sebuah penyemprot air pada bagian atas. Puncak bejana bertekanan ini diisi dengan uap pada tekanan sistem primer. Apabila tekanan sistem primer turun, pemanas diaktivasi untuk menambah kandungan uap di dalam pemampat sehingga menambah tekanan sistem primer tersebut. Apabila tekanan sistem primer terlalu tinggi, air dingin yang dimampatkan disemprotkan ke dalam volume uap untuk mengembunkan uap itu dan mengurangi tekanan primer.

Keselamatan Reaktor Nuklir

Masyarakat kita yang semakin maju sangatlah peka. Instalasi energi, yang dapat berdampak kepada kehidupan dan kesehatan banyak orang, harus dioperasikan dengan tingkat keselamatan tinggi. Ada 4 hal yang harus diperhatikan berkaitan dengan keselamatan pada reaktor nuklir (Philip Dilavore, 1984:353), yaitu:

Pertama, kemungkinan pengaruh negatif pada operasi rutin. Operasi reaktor nuklir selalu melibatkan bahan-bahan radioaktif yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia. Uranium sebagai bahan bakar reaktor nuklir mempunyai dosis radioaktif yang cukup tinggi, apalagi setelah digunakan untuk beberapa waktu lamanya. Beberapa pecahan hasil fisi termal dari U-235 mempunyai dosis radioaktif yang bervariasi. Isotop-isotop dengan *half-life* yang pendek sangat radioaktif, tetapi berlangsung relatif singkat. Sebagai contoh, Xenon-135 dengan *half-life* di bawah 10 jam, akan meluruh dengan sangat cepat. Setelah sepuluh *half-life*, hanya ada sekitar seperseribu substansi radioaktif yang tertinggal. Akan tetapi, Cesium-135 dengan *half-life* 2,6 x 1000.000 tahun, akan berlangsung sangat lama meskipun substansi tersebut mempunyai dosis radioaktif yang relatif rendah. Demikian juga Iodine merupakan substansi yang sangat berbahaya, terutama kalau mengenai manusia akan menyebabkan penyakit Kanker Thyroid. Oleh karena itu, ketidaksempurnaan sistem dan kelengahan operasi reaktor nuklir akan menyebabkan kebocoran-kebocoran substansi-substansi radioaktif yang sangat membahayakan kesehatan manusia.

Kedua, kecelakaan yang serius. Dibandingkan dengan pusat-pusat pembangkit listrik berskala besar lainnya, PLTN juga mempunyai kelebihan akan kebersihan dan tidak terpolusi, dengan catatan jika dibuat dengan standar sempurna dan beroperasi dengan normal. Akan tetapi, jika terjadi kecelakaan yang serius, maka dapat dibayangkan kerusakan yang terjadi akibat muntahnya substansi-substansi radioaktif ke udara. Sebagai contoh kecelakaan reaktor nuklir di Chernobyl (Uni Sovyet) menyebabkan 29 orang meninggal karena paparan radiasi dan 2 orang lagi karena luka bakar. Beberapa ratus orang menerima dosis radiasi tinggi, dan lebih dari 100.000 orang telah dievakuasi karena daerahnya terkontaminasi radioaktif. Demikian juga kecelakaan yang terjadi

pada tanggal 28 Maret 1979 di Three Mile Island Amerika Serikat telah menyebabkan kerugian yang tidak sedikit. Paling tidak lebih 130.000 orang harus menyingkir dari tempat tinggalnya karena terkontaminasi oleh bahan-bahan radioaktif (Oliver S Owen, 1985:603). Namun demikian, harus dipahami bahwa hampir tidak ada kegiatan manusia, terutama dalam mengusahakan energi, yang secara total tidak mengandung risiko. Oleh karena itu, risiko pada PLTN ini harus dibandingkan dengan risiko pada pembangkit listrik yang menggunakan bahan bakar fosil, yaitu mulai dari ekstraksi bahan mentah sampai pembuangan limbahnya, meliputi penambangan uranium dan batu bara, transportasinya, fisi uranium dan pembakaran batu bara, serta emisi dari batu bara dan pembuangan limbah nuklir. Sebagai bahan perbandingan, beberapa waktu yang lalu terjadi kebocoran gas di Uni Sovyet yang telah menyebabkan ledakan dan kebakaran serta menelan ratusan orang tewas. Demikian juga platform minyak di laut utara meledak dan membunuh 165 orang. Ledakan di tambang batu bara di Republik Federal Jerman membunuh 57 orang. Kebakaran di tambang batu bara di Yugoslavia baru-baru ini menuntut 100 nyawa. Kecelakaan bendungan terburuk pada tahun 1979 di Morvi, India telah menyebabkan 15.000 orang tewas ketika bendungan itu jebol (Hans Blix, 1989:10). Dari kenyataan ini dapatlah dimengerti bahwa produksi energi dengan cara apapun tetap mengandung risiko kecelakaan.

Ketiga, pemanfaatan uranium dan plutonium menjadi senjata nuklir. Kekhawatiran masyarakat dunia terhadap tenaga nuklir terutama diakibatkan oleh penggunaan nuklir untuk senjata-senjata pemusnah. Bom atom yang diledakkan di Nagasaki dan Hiroshima Jepang merupakan contoh kedahsyatan dan kekejaman energi nuklir sebagai pemusnah. Bom atom Hiroshima menggunakan U-235 sebagai bahan fisi, sedangkan bom atom Nagasaki menggunakan plutonium 239. Setiap bom mempunyai daya ledak sekitar 20.000 ton TNT (20 Kt). Gelombang ledakan menghancurkan dinding batu bata pada tempat sejauh 1,5 km dari pusat ledakan. Kerusakan yang agak menengah terjadi sampai pada suatu tempat sejauh 3,5 km dan telah membunuh lebih 70.000 orang (Joenoes Alim, 1988:168).

Namun demikian, perluasan penggunaan senjata nuklir oleh beberapa negara adi kuasa saat ini makin berkurang, terutama sejak persetujuan SALT I antara Amerika dengan Uni Sovyet. Mereka sadar bahwa perlombaan senjata nuklir hanya akan saling menghancurkan. Di samping itu, Badan Tenaga Atom Internasional (IAEA) telah menciptakan sistem penjagaan (safeguard) dengan cara inspeksi ke tempat-tempat pengembangan energi nuklir, untuk memastikan bahwa tenaga nuklir yang dikembangkan tidak digunakan untuk maksud-maksud militer, terutama di negara-negara berkembang yang memperoleh bantuan IAEA dalam mengembangkan energi nuklir.

Keempat, Limbah Nuklir. Penggunaan tenaga nuklir ditentang oleh banyak orang karena ketakutan terhadap limbah nuklir. Di banyak tempat orang memprotes rencana penyimpanan limbah tingkat tinggi di daerahnya. Ketakutan mereka bahwa limbah tidak dapat dibuang secara layak tidaklah ber-alasan. Bila limbah dari industri lain dibuang dengan cara yang aman seperti halnya limbah nuklir, dunia akan tampak lebih baik. Di samping kelemahannya karena bersifat radio-aktif, limbah nuklir mempunyai beberapa keuntungan jika dibanding limbah industri lainnya, yaitu: Kuantitas limbah nuklir relatif lebih kecil karena jumlah bahan bakar nuklir (uranium dan plutonium) yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik pada skala yang sama jauh lebih sedikit. Limbah nuklir meluruh dengan waktu meskipun ada yang memerlukan waktu relatif lama, terutama Strontium-90 dan Cesium-135. Sebaiknya harus diingat bahwa limbah yang dihasilkan oleh pembakaran batu bara, yaitu logam berat beracun seperti arsen, kadmium, timbal, vanadium dan merkuri, tetap berbahaya selama-lamanya (Hans Blix, 1989:11). Toksisitas dari unsur stabil ini tidak meluruh dengan waktu, tidak seperti toksisitas dari zat radioaktif. Sebagai gambaran, pembangkitan listrik dari nuklir pada tahun 1988 menghasilkan bahan bakar bekas radioaktif sekitar 7000 ton. Apabila jumlah listrik yang sama dibangkitkan dari batu bara, maka akan diperoleh 100.000 ton logam berat beracun, di samping sejumlah besar gas yang diemisikan ke atmosfer, puluhan juta ton sulfur dioksida dan nitrogen oksida serta 1700 juta ton karbon dioksida.

Kemungkinan Pembangunan PLTN di Indonesia

Sebagaimana negara-negara lainnya, Indonesia juga sadar bahwa penggunaan bahan bakar minyak bumi dan batu bara yang berlebihan, di samping menghasilkan pengaruh pencemaran lingkungan juga menyebabkan makin menipisnya cadangan minyak bumi dan batu bara. Padahal, penggunaan minyak bumi sebagai bahan bakar sungguh kurang ekonomis, dan jauh lebih menguntungkan untuk diekspor karena memperoleh devisa negara yang relatif besar. Oleh karena itu, pemerintah telah merencanakan untuk membangun PLTN di pulau Jawa, di sekitar Gunung Muria Jawa Tengah. Adanya rencana ini telah menimbulkan polemik yang cukup hangat. Pro dan kontra terhadap rencana pembangunan PLTN berasal dari berbagai bidang keahlian, terutama dari para ahli lingkungan dan ahli energi, meskipun tidak sedikit yang berasal dari masyarakat awam.

Para ahli banyak yang menentang rencana tersebut karena ketakutan terhadap kemungkinan pencemaran lingkungan sebagaimana musibah yang terjadi di Chernobyl dan Three Mile Island. Di samping itu, pembuangan limbah nuklir yang sangat radioaktif merupakan alasan yang cukup berarti terhadap penolakan pembangunan PLTN. Namun demikian, tidak sedikit pula para ahli yang mendukung pembangunan PLTN karena kebutuhan energi yang makin meningkat, terutama pada era tinggal landas nanti. Tentu saja kurang bijaksana kalau hanya mengemukakan penolakan atau persetujuan terhadap rencana tersebut tanpa pertimbangan yang nalar dan menyeluruh. Untuk itu perlu analisis yang memadai tentang hal tersebut.

Sebagaimana diuraikan di muka, tenaga nuklir merupakan suatu sistem tenaga yang banyak menuntut. Beberapa hal yang harus dipertimbangkan untuk membangun PLTN, antara lain sebagai berikut:

Biaya

Biaya awal untuk membangun suatu PLTN sangat besar, jauh lebih besar dari biaya untuk membangun PLTU batu bara, minyak atau gas, meskipun selama hidupnya PLTN menjadi ekonomis karena bahan bakarnya relatif lebih murah (Gupta, 1981:42). Pada umumnya negara-negara berkembang

masih kekurangan modal untuk membangun PLTN, hal ini tentu saja lebih menguntungkan untuk membangun PLTU. Apabila Indonesia ingin membangun PLTN, maka mutlak diperlukan modal yang sangat besar dan program tersebut haruslah merupakan bagian integral dari keseluruhan program pembangunan. Pemerintah harus memiliki komitmen yang kokoh untuk program tenaga nuklir tersebut.

Tenaga Ahli

Tenaga ahli atau tenaga kerja yang memenuhi syarat merupakan komponen pokok yang mutlak harus ada, dan hal inilah yang pada umumnya merupakan kendala yang dihadapi oleh negara-negara berkembang, termasuk Indonesia. Penguasaan tenaga nuklir haruslah memadai karena PLTN merupakan sistem yang rumit, sensitif dan berisiko tinggi. Ketidaksiempurnaan pada sistem atau kelengahan operasi akan menimbulkan dampak kerusakan yang sangat besar dan meliputi area yang luas. Yang menjadi masalah adalah apakah Indonesia telah mempunyai tenaga-tenaga ahli yang mampu membangun, mengoperasikan dan merawat PLTN? Ketersediaan tenaga ahli hendaknya tidak bersifat persial, artinya pada setiap bagian atau komponen PLTN harus tersedia tenaga ahlinya. Karena, kalau untuk membangun, mengoperasikan dan merawat PLTN termasuk pembuangan limbahnya masih menggantungkan tenaga ahli dari luar negeri, maka hal ini sungguh kurang bijaksana. Kecuali jika ketergantungan teknologi ini hanya bersifat sementara, tidak terlalu lama, maka pembangunan PLTN mempunyai prospek yang baik.

Lokasi

Mengingat kemungkinan bahaya radiasi, pembangunan PLTN hendaknya dilaksanakan di lokasi yang jauh dari pemukiman penduduk. Demikian pula pembuangan limbah nuklir harus pada lokasi di mana jika terjadi perembesan radiasi tidak akan membahayakan lingkungan dan kehidupan manusia. Sebagaimana musibah di Three Mile Island, pada jarak radius 10 mil dari pusat musibah PLTN, masih terkena radiasi yang cukup membahayakan (Oliver S Owen, 1985:601). Oleh karena itu, lokasi pembangunan PLTN atau pembuangan limbah nuklir hendaknya sejauh mungkin dari pemukiman penduduk.

Organisasi atau Sistem

Untuk perencanaan, pelaksanaan proyek, operasi dan keselamatan PLTN diperlukan suatu organisasi atau sistem yang efektif. Organisasi PLTN terdiri atas komponen-komponen atau sub-subsistem yang satu dengan lainnya saling berhubungan, saling ketergantungan dan saling berkontribusi serta menuntut mekanisme kerja yang terpadu. Sebagai contoh, subsistem pengadaan bahan bakar nuklir sangat erat kaitannya dengan subsistem operasi, keselamatan PLTN dan pembuangan limbah. Strategi pengadaan bahan bakar harus mempertimbangkan jumlah dan mutu serta karakteristik sebagaimana diperlukan dalam operasi PLTN, potensi sumber (kandungan) alam yang ada dan keselamatan akibat limbah yang dihasilkan bahan bakar dari reaktor nuklir.

PLTN sebagai suatu sistem juga harus ada koordinasi dengan sistem di atasnya (Supra sistem), yaitu Badan Tenaga Atom Nasional (BATAN) dan Perusahaan Listrik negara (PLN) serta lembaga-lembaga yang menangani masalah lingkungan hidup.

Mengingat begitu luas dan kompleksnya masalah PLTN, maka untuk pembangunan PLTN diperlukan penyusunan organisasi atau sistem yang efisien dan efektif, dengan mekanisme kerja yang terpadu baik antarsub-subsistem yang ada maupun sebagai sistem dengan sistem-sistem yang terkait lainnya.

Sistem Jaringan Listrik

Konsumsi tenaga listrik pada umumnya tidak berada di sekitar PLTN, tetapi menyebar dan cukup jauh. Pembangunan PLTN harus mempertimbangkan pusat-pusat pembangkit tenaga listrik yang telah ada dan sistem jaringan penyalurannya. Agar tenaga listrik yang telah dihasilkan PLTN benar-benar bisa dimanfaatkan secara optimal, maka sistem jaringan interkoneksi kelistrikan yang sementara ini ada, iaitu interkoneksi Jawa-Bali, perlu diperluas cakupannya menjadi sistem interkoneksi se-Indonesia (Edy Supriyadi, 1992:99). Pembangunan PLTN harus mempertimbangkan konsumsi energi dan sistem jaringan kelistrikan di masa mendatang.

Kesadaran Masyarakat

Pembangunan PLTN pada hakikatnya bertujuan untuk mensejahterakan masyarakat, dan hal ini tentu saja tidak bisa terlepas dari peran masyarakat. Masyarakat yang apriori terhadap PLTN akan berusaha dengan segala cara dan alasan untuk menggagalkan program pembangunan PLTN. Oleh karena itu, diperlukan kesamaan pandangan dari berbagai lapisan masyarakat dan pemerintah tentang pentingnya pembangunan PLTN. Hal ini tidak hanya menjadi kewajiban pemerintah saja, tetapi juga kewajiban semua pihak yang telah sadar akan pentingnya PLTN, untuk memberikan penjelasan kepada masyarakat umum.

Dari uraian di atas, jelaslah bahwa untuk membangun PLTN perlu memperhatikan banyak faktor. Demikian pula program pemerintah untuk membangun PLTN di Pulau Jawa harus mempertimbangkan faktor-faktor biaya, tenaga ahli, lokasi, organisasi, sistem jaringan listrik dan kesadaran masyarakat. Apabila telah memenuhi, paling tidak keenam faktor di atas, maka pembangunan PLTN memang layak dan perlu segera dibangun. Akan tetapi, jika masih ada faktor-faktor yang belum memenuhi syarat, maka program pembangunan PLTN perlu ditunda atau dikaji ulang.

Peran Pendidikan

Berkaitan dengan program pemerintah untuk membangun PLTN dalam rangka memenuhi kebutuhan energi listrik yang makin meningkat dan mengatasi terjadinya pencemaran lingkungan akibat pemakaian bahan bakar minyak dan batu bara yang berlebihan, maka ada dua macam peran pendidikan, yaitu:

Pertama, pendidikan untuk menyiapkan sumber daya manusia, yaitu tenaga-tenaga yang mempunyai kualifikasi memadai untuk membangun, mengoperasikan dan merawat PLTN. Peran pendidikan di sini tentu saja mencakup ketiga ranah pengetahuan, yaitu kognitif, afektif, dan psikomotorik, dan cenderung melalui pendidikan formal khususnya yang berkaitan dengan tenaga nuklir dan lingkungan hidup. Mengingat PLTN merupakan sistem yang luas dan rumit dan memerlukan pengetahuan atau teknologi yang sangat canggih,

maka pendidikan yang menyangkut tenaga nuklir perlu dimulai sejak seawal mungkin, yaitu sejak di sekolah dasar, paling tidak tentang kesadaran akan teknologi dan lingkungan hidup. Untuk sementara ini pendidikan tentang tenaga nuklir pada tahap atas (pasca sarjana) memang masih perlu di luar negeri, seperti Amerika Serikat, Perancis, dan Jepang. Namun, kita harus bekerja keras dengan segala daya dan upaya agar alih teknologi dapat kita peroleh secepatnya sehingga ketergantungan terhadap luar negeri dapat segera dihilangkan, atau paling tidak dapat dikurangi menjadi sekecil mungkin.

Kedua, pendidikan untuk meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya energi nuklir dan lingkungan hidup, serta penghematan penggunaan energi. Pendidikan di sini bisa bersifat formal maupun nonformal, yaitu bisa melalui sekolah, layanan masyarakat melalui media massa dan sebagainya. Kesadaran masyarakat terhadap pentingnya energi nuklir dan lingkungan hidup sangat esensial karena pada hakikatnya pembangunan PLTN dan lingkungan hidup diperuntukkan bagi kesejahteraan masyarakat luas. Di samping itu, kesadaran masyarakat terhadap pentingnya penghematan energi erat kaitannya dengan usaha pelestarian alam, yaitu melestarikan sumber daya alam.

Kesimpulan

Dari uraian di atas dapat disimpulkan sebagai berikut:

Pemakaian bahan bakar fosil seperti minyak bumi, batu bara, dan gas untuk pembangkit tenaga listrik harus segera dikurangi karena di samping jumlah cadangannya yang makin menipis, juga mengakibatkan pencemaran lingkungan yang sangat membahayakan kehidupan manusia. Oleh karena itu, energi nuklir perlu dikembangkan untuk pembangkit tenaga listrik (PLTN) karena potensi energinya yang sangat besar dan jika dibuat dengan teknologi yang memadai, tidak akan menyebabkan efek pencemaran lingkungan yang berarti.

Program pemerintah untuk membangun PLTN di Pulau Jawa perlu mempertimbangkan faktor-faktor biaya, tenaga ahli, lokasi, organisasi, sistem jaringan listrik, dan kesadaran masyarakat. Jika keenam faktor tersebut telah dipenuhi maka pembangunan PLTN memang layak dan perlu segera dibangun.

Akan tetapi, jika masih ada faktor-faktor yang belum memenuhi syarat, maka program pembangunan PLTN perlu dikaji ulang.

Ada dua peran pendidikan kaitannya dengan program pemerintah untuk membangun PLTN, yaitu menyiapkan sumber daya manusia, dan meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya tenaga nuklir dan lingkungan hidup. Dengan peran ini diharapkan Indonesia mampu membangun PLTN sehingga dapat mengatasi kenaikan kebutuhan energi listrik dan menjaga kelestarian lingkungan hidup.

Daftar Pustaka

- Archie W. Culp. 1985. *Prinsip-prinsip Konversi Energi (terjemahan Darwin Sitompul)*. Jakarta: Erlangga.
- Bayong, T. 1986. *Iklim dan Lingkungan*. Bandung: PT Cendekia Jaya Utama.
- Dennis, L. 1982. *Renewable Natural Resources*. USA: Westview Press Inc.
- DiLavore Philip. 1984. *Energy: Insights From Physics*. USA: John Wiley and Sons, Inc.
- Edy Supriyadi. 1992. "Permasalahan Tenaga Listrik di Indonesia" *Cakrawala Pendidikan*. Edisi Tahun XI.
- Gupta, JB. 1981. *A Course in Electrical Power*. Ludhiana: Katson.
- Hans Blix. 1989. *Energi, Pembangunan dan Lingkungan*. Jakarta: Buletin BATAN Tahun XI No.3.
- Joenoed Alim. 1988. *Fisika Lingkungan*. Jakarta: Depdikbud Dirjen PPLPTK.
- Oliver S Owen. 1985. *Natural Resource Conservation*. New York: Macmillan Publishing Company.
- Robert Mabro. 1980. *World Energy Issues and Policies*. USA: Oxford University Press.