

PLTN SEBAGAI ALTERNATIF PEMBANGKIT ENERGI LISTRIK DI PULAU JAWA

Oleh
Setya Hadi

Abstrak

Pada era Pembangunan Jangka Panjang II nanti, kebutuhan energi listrik di pulau Jawa akan meningkat, seiring dengan meningkatnya taraf hidup masyarakat dan kemajuan sektor industri. Untuk itu pemerintah telah dan akan membangun banyak pembangkit energi listrik, baik yang menggunakan sumber energi air, batubara, minyak, gas alam, panas bumi, ataupun tenaga surya. Dengan pertimbangan keterbatasan sumber energi dan pencemaran akibat industri, maka pemerintah menawarkan alternatif pembangkit energi listrik dengan menggunakan tenaga nuklir. Untuk merealisasikan rencana tersebut, pemerintah mengharapkan adanya pengertian dari masyarakat. Sayangnya pengetahuan masyarakat tentang teknologi nuklir masih sangat terbatas, mereka hanya tahu bahwa teknologi itu membahayakan masyarakat sehingga pemerintah memandang perlu penyebaran informasi yang benar tentang teknologi nuklir.

Berdasarkan pengalaman di negara maju, PLTN menghasilkan pencemaran lingkungan yang tidak berarti bila dibandingkan dengan pembangkit listrik dengan bahan bakar fosil, yang pencemarannya telah terbukti merusak lingkungan di dunia ini. PLTN dalam jangka panjang juga menawarkan keuntungan ekonomis yang lebih besar, serta risiko kematian atau luka yang kecil sekali bila dibandingkan dengan risiko akibat kecelakaan angkutan jalan raya atau pesawat terbang. Sedangkan keselamatan reaktor nuklir dapat dipenuhi dengan adanya sistem kerekesayaan dengan faktor kegagalan yang kecil sekali. Faktor-faktor tersebut mendorong pemerintah memilih alternatif PLTN sebagai sumber energi listrik.

Bagaimanapun juga pemilihan alternatif PLTN sebagai pembangkit energi listrik perlu persiapan yang matang dari berbagai pihak yang terlibat karena teknologi tersebut memang dapat menyebabkan kecelakaan besar.

Pendahuluan

Pada era Pembangunan Jangka Panjang II nanti, masyarakat dan bangsa Indonesia akan sangat membutuhkan energi

listrik. Kebutuhan listrik manusia akan meningkat seiring dengan meningkatnya bidang industri dan taraf kehidupan masyarakat. Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik, pemerintah telah membangun dan akan masih membangun lagi beberapa pusat pembangkit tenaga listrik di Indonesia.

Dalam menentukan jenis pembangkit listrik yang akan dipilih ada beberapa aspek yang harus dipertimbangkan, yaitu: aspek sumber daya alam, aspek teknologi, aspek ekonomi, aspek ekologi, dan aspek sosial budaya. Salah satu alternatif pembangkit listrik yang akan dibangun di pulau Jawa adalah Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN). Sayangnya, masyarakat belum dapat menerima kehadiran salah satu bentuk teknologi nuklir tersebut.

Pemerintah mengharapkan, rencana pembangunan PLTN di Semenanjung Muria Jawa Tengah dapat direalisasikan dan dapat diterima oleh masyarakat terutama yang ada di sekitarnya. Oleh karena itu, informasi yang benar tentang PLTN sangat penting bagi masyarakat agar masyarakat dapat menerima kehadirannya dengan ikhlas dan penuh pengertian. Untuk itu pemerintah melakukan usaha untuk memasyarakatkan PLTN melalui seminar-seminar, penataran juru penerang, penyuluhan, dan penerangan melalui media massa.

Permasalahan yang akan dibahas dalam tulisan ini adalah mengapa pemerintah memilih PLTN sebagai alternatif pembangkit energi listrik di pulau Jawa dan bagaimana agar masyarakat dapat menerima teknologi nuklir.

Masyarakat dan Teknologi Nuklir

. Bila mendengar kata teknologi nuklir, maka orang akan teringat peristiwa kecelakaan Chernobil, bom atom Hiroshima, atau rudal pemusnah manusia dan bayangan kehancuran serta kesengsaraan akan terlintas di benaknya. Memang sungguh besar kerusakan akibat dari kecelakaan nuklir. Kerusakan itu dapat dibedakan menjadi kerusakan fisik dan kerusakan biologis. Kerusakan fisik berupa hancurnya bangunan-bangunan, kehidupan yang ada, serta rusaknya lingkungan. Sedangkan kerusakan biologis berupa rusaknya sel tubuh makhluk hidup, cacat fisik, terkena penyakit yang mengerikan, seperti kanker, lumpuh, serta rusaknya gen yang menentukan keturunan seperti mandul, bayi terlahir cacat, dan sebagainya.

Ketakutan masyarakat di Indonesia terhadap nuklir memang cukup beralasan karena sebagian besar dari mereka baru tahu sedikit tentang teknologi nuklir. Mereka hanya tahu tentang sisi negatif dari teknologi nuklir, mereka tidak tahu banyak sisi positifnya. Mereka juga tidak tahu bagaimana para ahli dalam menangani keselamatan suatu reaktor nuklir, demikian pula dengan perkembangan metode dan teknologi pencegahan kecelakaan nuklir. Barangkali hanya sedikit yang tahu bahwa di dunia saat ini ada sebanyak 38 negara yang mempunyai PLTN, dan ada yang sebanyak 506 reaktor nuklir yang telah dan sedang dibangun (Harijono Djodjodihardjo dan Bambang Nugroho, 1992:30). Jumlah tersebut akan bertambah terus di masa yang akan datang, sebagai konsekuensi bertambahnya kebutuhan listrik, pencemaran akibat penggunaan bahan bakar batubara, minyak, dan gas alam, berkurangnya cadangan minyak di dunia, serta bertambahnya kepedulian masyarakat dunia tentang lingkungan hidup. Masyarakat perlu mengetahui bahwa teknologi PLTN itu dapat dikendalikan dan tidak berbahaya, yang berbahaya adalah teknologi senjata nuklir karena ledakannya tidak dapat dikendalikan.

PLTN dan Tipe Reaktor yang Digunakan

PLTN adalah suatu pembangkit energi listrik yang menggunakan sumber energi nuklir sebagai bahan bakar. Bangunan sebuah PLTN terdiri dari dua bangunan utama, yaitu: bagian reaktor nuklir dan bagian yang berkaitan dengan kelistrikan. Bagian reaktor nuklir adalah bagian yang berfungsi mengubah energi bahan bakar nuklir menjadi energi panas untuk menguapkan air, bagian ini merupakan sumber bencana bila terjadi kecelakaan nuklir karena bagian ini merupakan sumber radiasi zat radioaktif, radiasi panas, dan ledakan yang dapat memusnahkan kehidupan dan merusak lingkungan di sekitarnya. Bagian lainnya berfungsi mengubah energi uap menjadi energi listrik, bagian ini tidak jauh berbeda dengan bangunan pembangkit listrik yang menggunakan bahan bakar lain, bagian ini dapat dikatakan tidak berbahaya.

Tipe reaktor yang digunakan untuk PLTN dapat dibedakan menjadi beberapa tipe, antara lain:

1. Tipe PWR (Reaktor Air Tekan),
2. Tipe BWR (Reaktor Air Didih),

3. Tipe GMBWR (Reaktor Air Didih Moderator Grafit). Tipe reaktor ini yang digunakan pada PLTN di Chernobil Ukraina, yang menyebabkan kecelakaan cukup besar.
4. Tipe PHWR (Reaktor Air Berat Tekan),
5. Tipe MR (Reaktor Magnox), dan
6. Tipe AGR (Reaktor Maju Berpendinginan Gas).

Reaktor nuklir yang dipelajari secara intensif oleh BATAN Indonesia guna mempersiapkan pembangunan PLTN di semenanjung Muria Jawa Tengah adalah tipe PWR dan tipe PHWR. Sedangkan keputusan tentang jadi atau tidaknya pembangunan PLTN tersebut akan diputuskan pada bulan November 1993.

Risiko Akibat Adanya PLTN

Adanya PLTN akan menyebabkan banyak risiko yang dapat merugikan manusia, yang garis besarnya antara lain: risiko kefatalan (kematian) dan luka (penyakit), risiko kerugian ekonomis, dan risiko pencemaran lingkungan. Berikut ini ditunjukkan risiko akibat PLTN dan akibat kegiatan nuklir.

Risiko kefatalan dan luka, hasil studi di Amerika Serikat (1975), disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1
Kefatalan dan Luka Akibat Kecelakaan Tahunan
di Amerika Serikat

Tipe Kecelakaan	di Seluruh AS		di 25 Mill dari Reaktor Nuklir	
	Kefatalan	Luka	Kefatalan	Luka
Mobil	55.000	5.000.000	4.200	375.000
Terjatuh	20.000	1.000.000	1.500	75.000
Kebakaran	7.500	300.000	2.500	120.000
Lain-lain	33.000	1.600.000	2.500	120.000
Total	115.000	7.900.000	8.760	592.000
Reaktor Nuklir (dihitung 100 buah)	0,07	1	0,003	0,2

(Loftness, 1984:534)

Dalam Tabel 1, yang termasuk dalam lain-lain adalah kecelakaan karena: tenggelam, tertembak, transportasi udara, kejatuhan barang, aliran listrik, petir, angin ribut, dan gas beracun.

Dari tabel tampak bahwa jumlah orang yang menemui kematian dan luka akibat kecelakaan nonnuklir lebih banyak dari orang yang mengalami kecelakaan nuklir. Ini berarti risiko akibat kecelakaan nuklir jauh lebih kecil dari risiko akibat kecelakaan nonnuklir.

Tabel 2
Kerugian Ekonomis dan Penyebabnya di Amerika Serikat

Sumber Penyebab	Perkiraan Kerugian/Tahun dalam Million \$ AS
Kecelakaan Automobil (1970)	5.000
Kebakaran harta benda (1970)	2.200
Hurricane (1952-1972)	500
Kebakaran Hutan (1970)	70
Tornado (1970)	50
Kecelakaan reaktor nuklir (dihitung 100 buah)	2

(Loftness, 1984:534)

Dari data di atas tampak bahwa orang di AS mengalami kerugian ekonomis karena kecelakaan nuklir sebanyak 2 million dollar AS per tahun. Harga ini jauh lebih kecil dari kerugian yang diakibatkan kecelakaan karena kecelakaan mobil, yaitu sebanyak 5000 million dollar AS per tahun atau karena kebakaran, yaitu sebanyak 2270 million dollar AS per tahun.

Aspek ekonomis lain dari penggunaan PLTN adalah besarnya ongkos dan penampilan kerja. Berikut ini ditunjukkan besarnya ongkos yang dikeluarkan dan unjuk kerja beberapa jenis pembangkit listrik.

Tabel 3
Ongkos dan Penampilan Kerja Pembangkit Listrik
di Amerika Serikat

Sumber Energi	Jumlah Unit	Kapasitas Listrik MWe	Ongkos Total \$/Kwh	Faktor Kapasitas %	Faktor Ketersediaan %	Tingkat Susutan %
Nuklir	62	49,361	3,1	60,5	69,4	12,2
Batubara	51	36,853	3,5	54,1	77,8	9,8
Minyak	14	7,589	7,0	30,7	75,4	6,6

(Loftness, 1984:600)

Biaya total di atas meliputi ongkos kapital, bahan bakar, operasi dan pemeliharaan, dan ongkos lain-lain.

Dari tabel terlihat bahwa ada sebanyak 62 unit pembangkit listrik tenaga nuklir yang digunakan di AS, jumlah ini lebih banyak daripada pembangkit listrik dengan tenaga batubara (sebanyak 51 unit) dan tenaga bahan bakar minyak (sebanyak 14 unit). Hal ini menunjukkan bahwa perhatian pemerintah Amerika Serikat terhadap PLTN sangat besar. Kebijakan pemerintah AS itu didasari pertimbangan bahwa ongkos total untuk pembangkit listrik tenaga nuklir lebih murah dari ongkos total pembangkit tenaga listrik dengan batubara atau minyak (lihat tabel 2). Pertimbangan lain adalah bahwa PLTN mempunyai kemampuan untuk membangkitkan listrik lebih besar daripada pembangkit listrik tenaga batubara atau minyak, dapat dilihat dari besarnya faktor kapasitas (lihat tabel 2). Pertimbangan lain lagi adalah bahwa PLTN masih mempunyai faktor ketersediaan yang tinggi yang tidak jauh berbeda dengan yang dimiliki oleh pembangkit listrik tenaga batubara atau minyak (lihat tabel 2). Faktor ketersediaan tersebut menunjukkan tingkat mudahnya pembangkit listrik dalam membangkitkan listrik sehingga listriknya dapat digunakan. Hal lain yang juga dipertimbangkan adalah bahwa tingkat susut PLTN tidak jauh di bawah tingkat susut pembangkit listrik tenaga batubara atau minyak (lihat tabel 2). Tingkat susut yang menunjukkan nilai susut harga PLTN lebih besar tersebut sebagai konsekuensi ditekankannya aspek keselamatan pada sistem PLTN.

Dengan melihat apa yang dilakukan oleh pemerintah AS dan pengalaman-pengalaman yang berkaitan dengan PLTN tersebut di atas dan pertimbangan lainnya yang akan diuraikan tulisan berikut ini, tampaknya pemerintah Indonesia tertarik untuk memanfaatkan PLTN sebagai pembangkit tenaga listrik.

Risiko pencemaran lingkungan akibat penggunaan PLTN dan penggunaan pembangkit listrik nonnuklir mulai dari produksi sumber energi, transportasi, sampai sebuah pembangkit listrik beroperasi adalah sebagai berikut:

1. Pencemaran akibat batubara

- a. Air : acid, limbah hanyutan dan lumpur saat penambangan, panas.
- b. Udara : percikan api saat penambangan, debu, sulfur oksida, nitrogen oksida, hidrogen sulfida, karbon monoksida, hidrokarbon.
- c. Tanah : tanah bekas penambangan menjadi rusak.
- d. Limbah padat : material ikutan, abu dan terak.

2. Pencemaran akibat minyak

- a. Air : brine, panas, sulfur acid, minyak.
- b. Udara : Sulfur oksida, hidrokarbon, nitrogen oksida, asap knalpot kendaraan bermotor, asap cerobong.
- c. Tanah : banyak instalasi pipa.
- d. Limbah padat : phosphor, acid, tanah liat.

3. Pencemaran akibat gas alam

- a. Air : panas
- b. Udara : nitrogen oksida.
- c. Tanah : -
- d. Limbah padat : -

4. Pencemaran akibat bahan bakar nuklir

- a. Air : limbah hanyutan saat penambangan, air penambangan mengandung uranium, panas.
- b. Udara : debu penambangan, emisi radioaktif.
- c. Tanah : tanah rusak akibat penambangan.
- d. Limbah padat : material yang ikut terambil, limbah proses dressing, limbah bahan bakar.

- e. Radiasi : terbawa oleh pekerja pertambangan dan pabrik pengolahan, limbah bahan bakar, limbah radiasi saat pembangkitan panas.

Dari uraian di atas terlihat bahwa batubara dan minyak menyebabkan lebih banyak pencemaran lingkungan. Gas alam hanya sedikit menyebabkan pencemaran.

Berdasarkan materi yang tercemar, bahan bakar nuklir cukup banyak menyebabkan pencemaran; tetapi secara total pencemarannya sangat kecil karena bahan bakar nuklir mempunyai nilai kalor yang sangat tinggi. Satu kilogram Uranium 235 dapat menghasilkan kalor setara dengan kalor yang dihasilkan oleh 2,5 juta kg batubara, atau 4,54 juta kg minyak, atau 3,57 juta kg etil alkohol, atau 4,54 juta m³ gas alam. Dari hasil studi menunjukkan bahwa emisi gas CO₂ akan terhindar bila digunakan PLTN adalah sebanyak 438 juta ton karbon atau sebanyak 21% bila digunakan pembangkit listrik yang menggunakan batubara (Harijono Djojodihardjo dan Bambang Nugroho, 1992:37). Dari fakta di atas menjadi jelas bahwa penggunaan energi nuklir lebih bersih dan sedikit menimbulkan pencemaran lingkungan.

Hal khusus lain yang perlu dipertimbangkan adalah bahwa pencemaran akibat bahan nuklir hanya ada di bagian penambangan, dan pencemarannya hanya sedikit berpengaruh terhadap lingkungannya. Sedangkan PLTN biasanya dibangun di tempat yang berbeda dengan tempat penambangan sehingga pencemaran akibat adanya PLTN menjadi kecil sekali. Pencemaran akibat adanya reaktor nuklir dari PLTN juga hanya diterima oleh operator yang bekerja di sekitarnya, pencemarannya pun tidak membahayakan bagi operatornya. Pencemaran akan terjadi bila hanya terjadi kecelakaan reaktor nuklir saja dan kecelakaan tersebut dapat dihindari dengan perencanaan PLTN yang baik.

Kereyasaan dalam Sistem Pembangkit Energi Tenaga Nuklir

Bagian dari pembangkit listrik tenaga nuklir yang utama adalah bangunan reaktor nuklirnya. Bagian ini merupakan bagian yang paling berbahaya bila terjadi kecelakaan nuklir. Bila itu terjadi, maka radiasinya dapat merusak semua kehidupan di sekitarnya, baik fisik maupun genetik. Kecelakaan

nuklir juga dapat mempengaruhi atmosfer bumi pada akhirnya akan mempengaruhi iklim yang ada di bumi.

Sangat istimewanya bangunan reaktor nuklir, menuntut banyak pihak terlibat dalam perancangan suatu bangunan sistem pembangkit listrik tenaga nuklir. Para ahli akan meneliti dari mulai apakah suatu tempat layak didirikan sebuah bangunan PLTN, bagaimana struktur tanah di lokasi itu, pernahkah di daerah itu terjadi gempa dan bagaimana sifatnya, bagaimana aliran udara di daerah itu, dekat permukiman atau tidak, jenis reaktor yang paling aman, kualitas material yang seperti apa, struktur bangunan yang tepat, bagaimana penanganan limbahnya, bagaimana nanti seandainya ada kecelakaan, daerah mana saja yang mungkin akan tercemar bila ada kecelakaan, dan apakah manusianya sudah siap menerima dan menggunakan teknologi nuklir dengan aman. Hal penting lain dalam pendirian sebuah PLTN adalah adanya rekomendasi dari IAEA (International Atomic Energy Agency) suatu badan tenaga atom internasional, yang menentukan boleh dan tidaknya suatu PLTN dibangun.

Lembaga tersebut akan memeriksa rancangan PLTN yang akan dibangun dan akan memeriksa secara periodik suatu PLTN yang sudah beroperasi.

Masalah utama dalam rekayasa bangunan reaktor nuklir adalah dalam faktor keselamatan. Perhatian para ahli terhadap keselamatan nuklir bertambah setelah terjadinya kecelakaan nuklir di Three Miles Island, Amerika Serikat dan kecelakaan Chernobil Ukraina. Seperti diketahui bahwa kecelakaan di Three Miles Island tidak sampai membawa korban manusia termasuk operator PLTN-nya dan tidak sampai merusak lingkungannya, sedangkan kecelakaan di Chernobil menyebabkan 31 orang operator PLTN-nya meninggal dunia dan kerusakan lingkungan di sekitarnya. Kecelakaan reaktor nuklir di Chernobil disebabkan karena kesalahan dari operatornya (Ismuntoyo, 1992:73).

Pengalaman menunjukkan bahwa reaktor yang menimbulkan kecelakaan tersebut di atas, direkayasa dengan metode deterministik, seperti kalau merancang sebuah jembatan, yang diandaikan bahwa bebannya sudah tertentu. Perhatian para ahli juga hanya memperhatikan jenis kecelakaan yang mempunyai kemungkinan besar terjadi adalah kecelakaan dalam kategori menengah (misalnya, pompa air

bocor, sistem kendala tidak bekerja dengan baik). Pada PLTN yang lama, sistem keselamatan yang dipakai pada reaktor nuklir bersifat aktif, yang tidak dapat bekerja secara alami. Setelah kedua kecelakaan di atas, maka reaktor yang lama diperiksa lagi dan yang baru sudah direkayasa dengan pendekatan probabilistik (teori peluang) yang akan menghasilkan hasil rekayasa yang lebih aman karena semua peluang yang akan dapat menyebabkan kecelakaan dipertimbangkan (termasuk peluang terjadinya kecelakaan besar karena disebabkan oleh penyebab kecelakaan kategori menengah yang terjadi bersama-sama). Pada perengkayasa yang baru, di samping diperhitungkan terhadap kecelakaan besar, juga diperhatikan kecelakaan dalam kategori menengah. Kecelakaan kategori menengah yang satu bila terjadi dengan kecelakaan kategori menengah yang lain, akibatnya dapat seperti pada kecelakaan besar. Perengkayasa yang baru menggunakan sistem keselamatan pasif, yaitu bahwa sistem dapat berfungsi secara alami bila diperlukan, sistem juga dibuat dapat memahami kesalahan operator. Pengalaman kecelakaan di atas menuntut perhatian pada ahli terhadap "human engineering" dan interaksi antara manusia dan mesin.

Dalam upaya membangun reaktor nuklir yang aman, maka dalam perengkayasa digunakan angka keamanan yang tinggi yang akan memberi tingkat kegagalan yang sekecil mungkin. Reaktor nuklir dirancang dengan tingkat kegagalan sedemikian kecil, yaitu sebesar 10^{-14} dan bila faktor manusia diperhitungkan, maka tingkat kegagalannya menjadi 10^{-7} . Ini berarti bahwa dari setiap 10 juta kemungkinan, hanya ada satu peluang terjadinya kecelakaan nuklir yang besar. Besarnya tingkat kegagalan tersebut lebih kecil dari angka kegagalan yang digunakan dalam rekayasa pesawat terbang, yaitu sebesar 10^{-9} yang belum diperhitungkan terhadap kesalahan manusia.

Sistem Keselamatan Reaktor Nuklir

Sistem keselamatan yang digunakan pada reaktor nuklir mempunyai prinsip memperkecil kemungkinan terjadinya kecelakaan dan membatasi akibat kecelakaan apabila kecelakaan itu betul-betul terjadi. Sistem yang digunakan dikenal dengan nama sistem pertahanan berlapis "defense in depth".

Pertahanan dilakukan pada komponen-komponen reaktor, sistem proteksi reaktor, konsep hambatan ganda, pemeriksaan dan pengujian, dan operator.

Komponen reaktor dibuat dengan standar kualitas yang tinggi dan dapat diandalkan sehingga kemungkinan terjadi kegagalan komponen tersebut sangat kecil.

Sistem proteksi reaktor dilakukan dengan memanfaatkan sifat-sifat alam yang akan menjamin keselamatan reaktor dan sistem yang dibuat dapat mentolerir kesalahan operator sehingga walaupun operator lupa melakukan sesuatu, maka sistem akan mengingatkan operator atau sistem akan dapat bekerja sendiri. Di samping itu, peralatan keselamatan juga dirancang dengan berprinsip pada:

- (1) Pemisahan komponen sistem keselamatan secara fisik agar bila terjadi kegagalan satu komponen tidak mempengaruhi komponen yang lain.
- (2) Terdapat lebih dari satu cara untuk melakukan satu fungsi keselamatan.
- (3) Terdapat komponen cadangan untuk keperluan yang sama.
- (4) Sistem keselamatan yang satu tidak tergantung pada sistem yang lain.
- (5) Bila terjadi kegagalan sebuah komponen, maka secara otomatis akan bergerak pada kondisi yang aman.

Keselamatan reaktor dengan konsep hambatan ganda. Agar zat-zat radioaktifnya tidak menyebar keluar dan membahayakan manusia dan lingkungannya, maka dibuat hambatan yang dapat mengungkung zat itu, secara berlapis-lapis. Hambatan-hambatan itu adalah: hambatan pada bahan bakar, hambatan dengan kelongsong bahan bakar, hambatan pada sistem pendingin, dan hambatan yang berupa bangunan sistem yang tahan terhadap gempa bumi, angin topan, banjir, kejatuhan pesawat terbang, dan sebagainya.

Untuk mencegah agar masyarakat tidak terkena radiasi yang mungkin masih dapat lolos dari hambatan-hambatan tersebut di atas, maka reaktor atau PLTN dibuat relatif jauh dari permukiman penduduk.

Menjaga keselamatan reaktor nuklir juga dapat dilakukan dengan pemeriksaan dan pengujian semua sistem keselamatan dan komponen-komponen reaktor secara intensif. Dalam hal ini IAEA dapat mencabut izin operasi jika kondisi persyaratan tidak dipenuhi lagi.

Sistem pertahanan berlapis yang lain adalah operator. Operator sebagai pengendali pembangkit tenaga nuklir diseleksi dengan ketat, perlu pendidikan dan pelatihan penyegaran secara berkala.

Dengan pertahanan yang berlapis-lapis di atas, diharapkan suatu pembangkit listrik tenaga nuklir dapat benar-benar beroperasi dengan aman sehingga tidak mengancam keselamatan manusia dan lingkungan di sekitarnya.

Penutup

Dari apa yang diuraikan di depan, disimpulkan bahwa ketakutan masyarakat terhadap teknologi nuklir adalah karena keterbatasan pengetahuan masyarakat itu sendiri. Mereka mengetahui bahwa teknologi nuklir hanya merupakan sumber kehancuran. Mereka tidak tahu bahwa teknologi nuklir dapat untuk menyejahterakan manusia dan melindungi alam dari pencemaran yang diakibatkan oleh batubara dan minyak, dan dapat dioperasikan dengan aman. Maka pemahaman yang lengkap tentang teknologi nuklir dan kejernihan berpikir dari masyarakat sangat diperlukan dalam menghadapi kehadiran teknologi nuklir.

Pembangunan pembangkit listrik di Jawa yang berawasan lingkungan, menuntut pemerintah untuk dapat menentukan jenis pembangkit listrik yang sedikit menyebabkan pencemaran, yaitu selain memanfaatkan energi air, energi surya, dan panas bumi, juga energi nuklir.

Berdasarkan pengalaman di negara maju, PLTN menghasilkan pencemaran yang tidak berarti bila dibandingkan dengan pembangkit listrik yang menggunakan sumber energi batubara dan minyak, yang pencemarannya telah terbukti merusak lingkungan, dan menyebabkan terjadinya efek rumah kaca, dan sebagainya. PLTN dalam jangka panjang juga menawarkan keuntungan ekonomis yang lebih besar dan risiko kematian dan luka bagi manusia yang kecil sekali bila dibandingkan dengan kecelakaan mobil, motor, atau pesawat terbang. Sedangkan dalam kereyakasaan dan pengendalian keselamatan PLTN, para ahli telah melakukan dengan sungguh-sungguh sehingga kemungkinan terjadinya kecelakaan nuklir akan kecil sekali.

Setiap penggunaan PLTN pasti ada pihak yang pro (pronuk) dan yang kontra (anuk) karena memang PLTN menjanjikan keuntungan ekonomis dan ekologis, tetapi juga dapat menyebabkan kecelakaan yang mengerikan bila manusianya tidak siap dan tidak mempunyai disiplin yang tinggi. Semua pihak perlu menyadari bahwa semua alternatif selalu membawa risiko.

Daftar Pustaka

- Dilavore, Philip. 1984. *Energi. Insight from Physics*. New York: John Wiley & Son Publ.
- George dan Leon, I. 1982. *Power for Today and Tomorrow*. New York: Arco Publ. Inc.
- Holman, J.P. 1980. *Thermodynamics*, 3rd Ed. London: McGraw Hill International Book Co.
- Kaplan, Irving. 1983. *Nuclear Physics*, 2nd Ed. Massachusetts: Addison-Wesley Publ. Co. Inc.
- Loftness, Robert L. 1984. *Energy Handbook*, 2nd Ed. New York: Van Nostrand Reinhold Co.
- Sears, F.W. 1956. *Mechanics, Heat, and Sound*. Massachusetts: Addison-Wesley Publ. Co. Inc.
- _____. 1992. Seminar Kerekayasaan dalam Sistem Pembangkit Energi Tenaga Nuklir: *Prosiding*. Bandung: PAU ITB Bandung.
- _____. 1992. Seminar Kerekayasaan dalam Sistem Pembangkit Energi Tenaga Nuklir: *Prosiding, Suplemen*. Bandung: PAU ITB Bandung.
- _____. 1986. *Atomos*. Tahun I/No.2 Maret 1986. Jakarta: BATAN Indonesia.
- _____. 1987. *Atomos*. Tahun II/No.1 Januari 1987. Jakarta: BATAN Indonesia.
- _____. 1989. *Atomos*. Tahun IV/No.4 Juli 1989. Jakarta: BATAN Indonesia.