

PERKEMBANGAN PUSAT LISTRIK TENAGA NUKLIR DITINJAU DARI SEGI TEKNOLOGI-EKONOMI DAN KESELAMATAN

Iyos R. Subki dan R. Martias Nurdin
Badan Tenaga Atom Nasional

ABSTRAK

PERKEMBANGAN PUSAT LISTRIK TENAGA NUKLIR DITINJAU DARI SEGI TEKNOLOGI-EKONOMI DAN KESELAMATAN. Tepat seperempat abad yang lalu telah terjadi reaksi nuklir berantai pertama berdaya 250 kWt di Indonesia, yaitu di reaktor Triga Mark II pada Pusat Penelitian Teknik Nuklir. Mulailah terkuak era sains dan teknologi nuklir. Makalah ini membahas perkembangan sains dan teknologi nuklir, mulai dari pemanfaatannya di bidang kesehatan, pertanian, hidrologi, penelitian dan industri sampai dengan usaha-usaha serta prospek penggunaan energi nuklir untuk memenuhi kebutuhan energi nasional. Sejalan dengan perkembangan itu, dibicarakan pula kerjasama bilateral dan internasional serta peran Badan Tenaga Atom Internasional (IAEA) yang telah mendatangkan banyak manfaat bagi perkembangan BATAN selama ini.

ABSTRACT

TECHNOLOGY - ECONOMICAL AND SAFETY ASPECTS IN THE DEVELOPMENT OF NUCLEAR POWER PLANT. Exactly a quarter of a century ago the first nuclear chain reaction occurred at a power level of 250 kW in Indonesia, i.e. at Triga Mark II reactor of the Research Centre for Nuclear Techniques. The era of nuclear science and technology has emerged. This paper reviews development in nuclear sciences and technology beginning with applications in health, agriculture, hydrology, research and industry and concluding with efforts and prospects for use of nuclear energy to meet national energy demands. Along the same line of development, discussions are also focused on bilateral and international cooperations and in the fruitful role of the International Atomic Energy Agency in the development of BATAN.

PENDAHULUAN

Pada tahun 1954 telah dibentuk Komisi Radioaktivitas yang tugasnya memantau efek jatuh-an radioaktif terhadap kesehatan penduduk sebagai akibat adanya ujicoba ledakan senjata nuklir Amerika Serikat di Pasifik sekitar tahun 1950-an. Komisi tersebut diketuai oleh Dr. G.A. Siwabessy. Pada tahun 1958 dibentuk pula Dewan Tenaga Atom (DTA) yang tugasnya memberikan saran-saran kepada Kabinet.

Untuk melaksanakan tugas DTA dalam mengembangkan dan mengawasi penggunaan tenaga atom di Indonesia, maka pada tahun 1959 dibentuk Lembaga Tenaga Atom. Pada tahun itu pula misi Badan Tenaga Atom Internasional (IAEA) datang ke Indonesia. Tugasnya adalah untuk mengevaluasi rencana pemerintah dalam mengintroduksi penggunaan radioisotop dalam bidang pertanian di Pusat Penelitian Pertanian Bogor, di Universitas Gajah Mada Yogyakarta; penggunaan radioisotop untuk terapi di Jakarta, dan juga rencana Pusat Pengembangan Pelayanan Kesehatan di Pasar Minggu.

Pada awal tahun 1960 Pemerintah Amerika Serikat dan IAEA menyetujui pemberian bantuan

kepada Lembaga Tenaga Atom untuk mendirikan sebuah reaktor penelitian di Bandung, yaitu dari jenis Triga Mark II dengan daya 250 kWt buatan General Atomic. Peletakan batu pertama dari Pusat Penelitian Atom tersebut dilakukan oleh Presiden Soekarno pada tahun 1961. Reaksi nuklir berantai yang pertama terjadi pada bulan Oktober 1964. Untuk menopang perkembangan penelitian dasar, kebutuhan radioisotop dan penelitian fisika reaktor serta termohidraulik dari sistem primer, maka pada tahun 1971 reaktor diupgrade sehingga menjadi berdaya 1 MWt.

Pada tahap awal dari perkembangan tenaga atom di Indonesia, baik di Eropa maupun di Amerika Serikat tenaga atom sudah mulai dipakai untuk pembangkit daya. Pada tahun 1954 PLTN pertama diumumkan pemakaiannya di USSR pada tahun berikutnya di Inggris dan Amerika Serikat. Setelah itu disusul oleh Perancis. Introduksi PLTN begitu hati-hati, dan sistem yang dipakai dicoba lebih dahulu sebagai sistem energi pelistrikan di kapal selam, yang kelanggengan (viability) dan kehandalannya (reliability) harus mutlak. Sebab kalau tidak demikian, kapal selam nuklir tersebut akan

kandas di laut, karena jauh dari sistem suplai energi. Sistem yang telah teruji tersebut masih harus diteliti dan dikembangkan terlebih dahulu melalui prototipe di darat, sebelum digunakan untuk kegiatan sipil.

Penggunaan energi nuklir di luar negeri telah menunjukkan perkembangan yang pesat. Dewasa ini sumbangannya pada pelistrikan sudah cukup besar, umpamanya sekitar 75% di Perancis, 70% di Belgia, 50% di Hongaria, Swedia dan Korea Selatan, 40% di Taiwan dan Swiss, 35% di Finlandia, Spanyol, Bulgaria dan Jerman Barat, 30% di Jepang dan Cekoslowakia, dan 20% di Amerika Serikat. PLTN-PLTN tersebut sebagian besar dikelola oleh swasta, yang pengelolaannya tentu berdasar pada pertimbangan ekonomis. Pertimbangan lain yang tak kalah pentingnya adalah segi keselamatan dan lingkungan. Masalah ini sangat peka dan menonjol di negara-negara maju di atas. Jelas bahwa sistem baru ini harus ekonomis, aman, serta bersih lingkungan; di samping membantu negara-negara tersebut dalam penyediaan energinya.

Krisis energi di Indonesia belum terjadi, tetapi pergeseran pola pemakaian sumber energi yang pada hakikatnya didasarkan pada penilaian ekonomi pernah terjadi. Dan gejalanya memang menunjukkan hal demikian. Sebelum perang dunia kedua sumber energi utama kita adalah batu bara, dan setelah itu bergeser pada minyak. Era minyak secara bertahap mulai pula digantikan oleh gas.

Pendapat para ahli, bahwa di sekitar tahun 2000 Indonesia mulai memerlukan impor minyak untuk memenuhi kebutuhan energinya, untuk mendapatkan minyak bumi tersebut tentu dibutuhkan devisa yang tidak kecil jumlahnya. Pergeseran pola pemakaian sumber energi tentu akan terjadi, dan untuk kesinambungan pembangunan kita maka pergeseran itu perlu dan harus dapat dikendalikan, sehingga selalu dalam keadaan yang optimal dan menguntungkan. Melihat contoh-contoh di atas dan dengan perkembangan penelitian dan pengembangan serta infrastruktur di bidang sains dan teknologi nuklir, tentu dapat dinyatakan bahwa sumber energi nuklir merupakan alternatif yang layak (*feasible*) dan konstruktif bagi industrialisasi dan pembangunan ekonomi kita. Untuk sampai pada tujuannya perlu didiskusikan pokok-pokok kajian berikut ini, antara lain:

- Perkembangan penggunaan PLTN di negara maju.
- Evolusi perkembangan LITBANG dengan infrastrukturnya di bidang sains dan teknologi nuklir.
- Pergeseran pola pemakaian energi dan studi

kelayakan (*feasibility study*) PLTN.

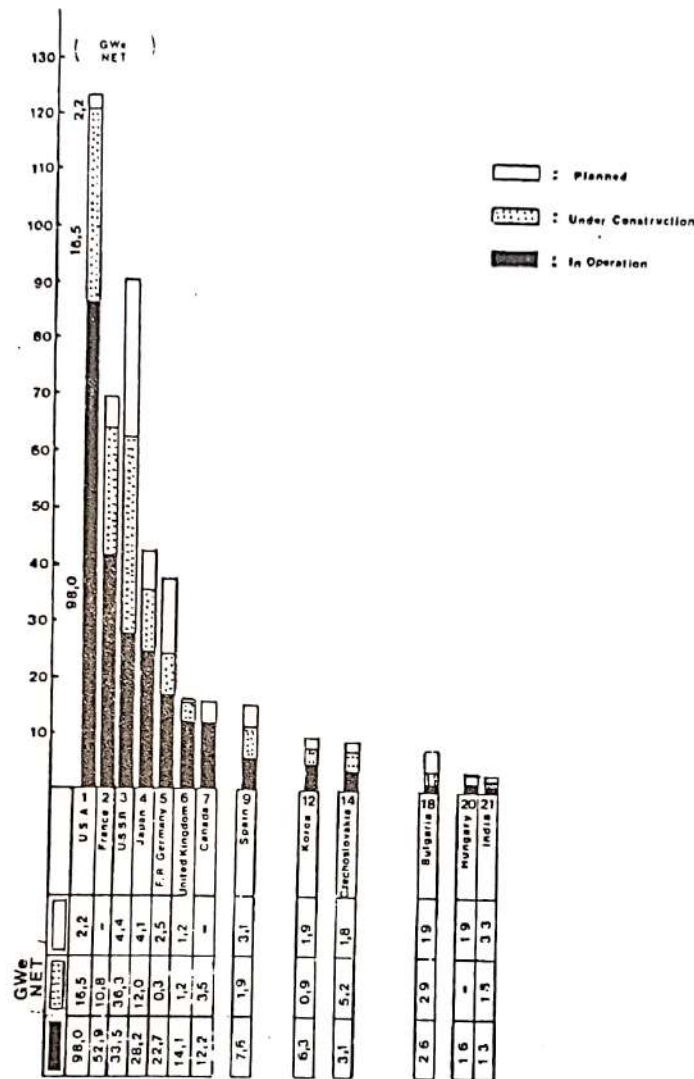
- Kesimpulan dan saran

PERKEMBANGAN PENGGUNAAN PLTN DI NEGARAMAJU

Sistem pembangkit listrik tenaga nuklir yang disebut PLTN telah mulai dipakai sejak tahun 1950-an. Dekade 1950-1960 merupakan masa pengembangan dan pemantapan komponen-komponen serta sub sistem dari sistem PLTN secara keseluruhan. Pada dekade itu prototipe PLTN dari berbagai jenis telah bermunculan, seperti *Nuclear Power Demonstration (NPD)* di Canada, *Gas Cooled Reactor* di Perancis dan Inggris, *Shipping Port* di USA (PWR).

Pada tahun 1970-an Perancis memakai sistem PWR dari Westinghouse serta menghentikan program *Gas Cooled Reactor* dan setelah kemajuan yang spektakuler terjadi di Perancis, maka Inggris setelah tahun 1980 juga memastikan penggunaan PWR sistem Westinghouse. Sedangkan baik di Jerman Barat maupun Jepang, sistem BWR dari General Electric dan PWR dari Westinghouse dimanfaatkan sekali gus. Pola ini tetap terlihat di Jepang, sedang Jerman Barat telah beralih pada sistem PWR dari Westinghouse. Di Canada, sistem yang digunakan di NPD adalah dengan moderator air berat dan bahan bakar uranium alam, yang lazim disebut CANDU. Sistem CANDU merupakan pasangan dari PWR dan BWR, yang secara komersial saling bersaing, namun masing-masing mempunyai kelebihan dan kekurangannya. Baik sistem PWR, BWR dan CANDU, semuanya telah dipakai oleh negara asal dan juga telah diekspor, terbukti telah tersebar di banyak tempat di dunia. Sistem-sistem nuklir tersebut sudah mempunyai konsep yang mantap dan teknologinya telah terbukti ketangguhannya, baik dilihat dari komponen-komponennya maupun subsistem dan sistemnya secara keseluruhan.

Selain sistem-sistem di atas dikembangkan pula sistem yang digolongkan sistem atau konsep maju. Tergolong di sini *High Temperature Gas Cooled Reactor (HTGR)*, *Advanced Light Water Reactor (ALWR)* dan *CANDU 300*. Sistem HTGR dikembangkan di USA dan Jerman Barat, sedang ALWR dikembangkan di USA, Perancis, Jepang dan Swedia. CANDU 300 dikembangkan oleh Canada dengan daya 495 MWe. Konsep-konsep maju ini mempunyai sifat keamanan inheren (*inherent safety feature*) yang lebih menonjol daripada pendahulunya, di samping tetap menggunakan *Engineered Safety Features* (dalam beberapa konsep, sistem keselamatan ini sudah banyak dikurangi).



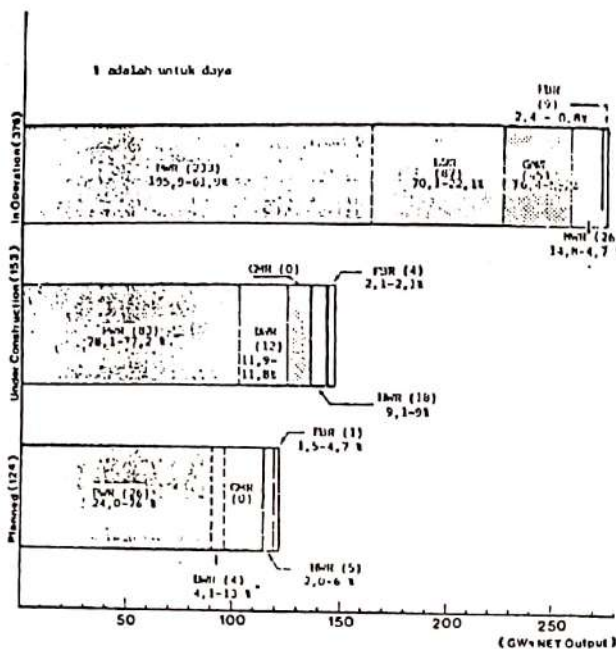
Gambar 1. Kapasitas pembangkitan PLTN yang sudah beroperasi, dalam pembangunan dan perencanaan di 13 negara per 1 Januari 1989.

Sistem-sistem ini merupakan harapan masa datang, karena baik sifat keamanan (safety) maupun ekonomisnya telah diperbaiki sehingga lebih kompetitif. Di antaranya ada yang akan dikomersialkan sebelum tahun 2000, misalnya AP-600 yang dikembangkan oleh Westinghouse dan EPRI. Koordinator pengembangan AP-600 adalah EPRI dan partisipasi internasional telah diterima dengan baik oleh EPRI Jepang dan Korea Selatan sudah ikut berpartisipasi aktif di dalam proyek AP-600 ini.

Di bawah ini digambarkan kecenderungan

penggunaan jenis-jenis PLTN yang ada, baik yang diinstalasi, yang sedang dalam pembangunan, maupun yang sudah dipesan. Data ini adalah per 1 Januari 1989. Kapasitas pembangkitan dari PLTN yang sudah dalam operasi, dalam pembangunan, dan sudah dipesan adalah sebagai berikut (lihat gambar 1).

Dari 13 negara maju tersebut, dapat dilihat bahwa peningkatan penggunaan PLTN di masa mendatang tetap ada, baik di blok timur, di blok barat, maupun di negara-negara non-blok. Ini merupakan gambaran bahwa kebutuhan energi di



Gambar 2. Perbandingan kapasitas terpasang disusun menurut tipe reaktor per 1 Januari 1989.

masa datang, baik dilihat dari pertimbangan teknis-ekonomis maupun dari lingkungan yang bersih, nuklir merupakan jawaban yang tepat. Kalau dilihat dari jenis PLTN yang dipakai, seperti terlihat pada gambar 2, maka sistem PWR merupakan yang utama, yang beroperasi sebanyak 61,9% (233 unit), yang sedang dalam konstruksi sebanyak 77,2% (83 unit), dan yang sudah dipesan mencapai 76% (26 unit). Adanya pengalaman panjang dan banyak dari PLTN jenis PWR diharapkan akan membantu dan mewarnai konsep maju AP-600 (Advanced Pressurized Water Reactor 600 MWe).

Bila ditinjau dari segi *co-generation*, sistem HTGR memberikan harapan masa depan yang juga baik dan cerah, walaupun hal tersebut belum terlihat di dalam gambar di atas. Dengan adanya kerjasama yang intensif antara Jerman Barat dengan USSR, Swiss, RRC, dan USA dengan Jepang, diharapkan konsep maju ini akan segera muncul setelah AP-600 di kemudian hari (untuk listrik, *oil recovery*, *coal gasification*, dan *coal liquification*).

EVOLUSI PERKEMBANGAN R&D DENGAN INFRASTRUKTURNYA DI BIDANG SAINS DAN TEKNOLOGI NUKLIR.

Tujuh tahun setelah terjadinya reaksi nuklir

berantai yang pertama, atas permintaan penelitian dasar (fundamental research) akan berkas (beam) neutron dengan fluks yang lebih tinggi dan fasilitas yang lebih banyak, produksi isotop untuk keperluan masyarakat di segala bidang seperti yang disebutkan di atas, dan juga pengembangan studi teras reaktor baik neutronis maupun termohidraulis, maka teras 250 kWt telah diganti dengan kapasitas 1000 kWt. Di sini terlihat bahwa akumulasi pengalaman teknis-ilmiah telah memungkinkan untuk melakukan berbagai evaluasi dan pembenaran (justifikasi) yang diperlukan untuk merampungkan teras 1000 kWt.

Setelah perubahan teras di tahun 1971, maka pada tahun 1975 dicoba pula menggunakan elemen bakar tipe baru, yaitu elemen dengan kadar ^{235}U lebih besar, yaitu 55 g/ elemen. Baik secara fisis (reaktifitas dan pengendalian), termohidraulis maupun metalurgis, pemasukan elemen dan segala sesuatunya dapat diperiksa terlebih dulu. Jelas ini selangkah lebih maju terutama dalam pembinaan sumberdaya manusia (manpower) dan penguasaan teknologi maju.

Dengan *upgrading* pada tahun 1971 dan pemasukan elemen baru di tahun 1975, pada tahun itu juga dibentuk Tim Pembangunan Reaktor Kartini. Pembangunan reaktor Kartini ini selesai pada 1979, dibangun oleh tenaga BATAN sendiri.

Mulai tahun 1974 rencana pembangunan Serpong mulai dibahas. Masukan yang diperlukan dikumpulkan untuk menyusun rencana yang matang. Reaktor Serba Guna dengan berbagai laboratorium pendukungnya sudah mulai direncanakan, sedang tujuan dan sasaran penggunaan mulai dirumuskan. Dan dimulailah proyek ini pada tahun 1979.

Reaktor Serba Guna ini diresmikan pembukaannya oleh Presiden Suharto pada bulan Agustus 1987. Untuk menyongsong peristiwa bersejarah itu, jauh sebelumnya BATAN mengirim dua stafnya ke Agonne National Laboratory untuk mensahihkan (verifikasi) data-data teknis yang diberikan para calon pemasok RSG. Hal ini langsung dimantapkan oleh rombongan (tim) partisipasi desain (staf BATAN) di negara pemasok RSG tersebut.

Metode dan pelaksanaan alih teknologi yang dilaksanakan BATAN melalui pembangunan RSG, dilaksanakan pula pada bidang-bidang lain, yaitu dalam membangun laboratorium pendukung RSG tersebut. Dapat dikemukakan, kerjasama bilateral yang sudah digarap dalam rangka proyek-proyek BATAN di Kompleks Puspisstek itu antara lain:

- Reaktor Serba Guna dengan Interatom - Jerman Barat
- Instalasi Pengolahan Limbah Nuklir dengan Technicatome - Perancis
- Instalasi Fabrikasi Elemen Bakar Reaktor Riset dengan NUKEM - Jerman Barat
- Pilot Fabrikasi Elemen Bakar Reaktor Daya dengan NIRA - Italia
- Laboratorium Keselamatan dan Rekayasa dengan NIRA - Italia
- Instalasi Pengujian Sesudah Iradiasi (PIE) dengan Konsortium Jerman Barat
- Instalasi Mekano Elektronik dengan AECL - Canada

Dari gambaran di atas dapat dilihat persiapan infrastruktur untuk menyongsong penggunaan PLTN di kemudian hari. Di samping juga pembinaan sumberdaya manusia, baik secara bilateral dan maupun atas bantuan IAEA dan World Bank, yang merupakan masalah tak kalah pentingnya dewasa ini.

Pemantauan perkembangan baru telah pula dilaksanakan, baik melalui partisipasi aktif di dalam pertemuan-pertemuan internasional maupun dengan mendatangkan para ahli. Antara tahun 1987 sampai tahun 1989, daya saing PLTN HTGR telah dipantau secara aktif, masing-masing pada pertemuan internasional di RFJ, USA dan USSR; begitu pula pemantauan secara teknis terhadap konsep maju dari sistem-sistem PLTN untuk masa datang. Pada tahun ini, perkembangan masalah pelik pada *In Core Fuel Management* dari reaktor komersial telah diikuti secara aktif oleh staf BATAN di IAEA.

Baik ditinjau dari perangkat keras (infrastruktur), pembinaan sumberdaya manusia, maupun hasil pemantauan ekonomis-teknologis, ternyata kondisi dan situasi untuk menyongsong pembangunan PLTN di tanah air makin baik dan mantap.

PERGESERAN POLA PEMAKAIAN ENERGI DAN FEASIBILITY STUDY PLTN

Dari gambar 1 dan 2 di atas, terlihat bahwa negara maju sudah menggeser pola pemasokan energinya, yang mana pusat pembangkit tenaga nuklir sudah memberikan kontribusi yang berarti. Pergeseran ini merupakan usaha pengane-karagaman (diversifikasi) sumber-sumber energi pengganti dalam rangka memenuhi kebutuhan energi nasional yang lebih mantap dan ekonomis. Pada umumnya negara-negara maju yang kita sebutkan di atas mempunyai keterbatasan persediaan sumber energi minyak serta dorongan kehidupan yang

lebih layak dan sehat lingkungan. Ini terlihat bahwa dengan daya saing (competitiveness) batu bara yang cukup baik pada beberapa tahun terakhir ini, walaupun laju pembangunan PLT batu bara di negara maju itu kurang terdengar. Di Indonesia, pergeseran pola pemakaian sumber energi malah sudah bisa diidentifikasi sejak perang dunia kedua berakhir. Sumber energi batu bara yang merupakan utama dan pertama, setelah perang dengan cepat digantikan oleh minyak. Era minyak pun mulai mengalami perubahan-perubahan karena kelangkaan minyak dapat mengganggu stabilitas/kesinambungan pembangunan. Gas bumi mulai memberikan sumbangannya, tetapi karena cendangannya juga terbatas maka suatu saat nanti akan terjadi pula bahwa gas bumi akan mengalami kasus serupa dengan minyak di sekitar tahun 2000-an, yaitu perlunya impor minyak sebagaimana yang diperkirakan oleh para ahli (pada pertemuan-pertemuan ilmiah teknis secara nasional).

Pada beberapa negara maju seperti USA dan USSR, yang juga mempunyai batu bara cukup berlimpah, ternyata penambahan sumber energi listriknya diambil dari PLTN, begitu pula dengan Jerman Barat misalnya. Energi nuklir bukan saja sanggup bersaing, tetapi juga mampu memenuhi keperluan untuk hidup layak yang sehat lingkungan. Dilihat dari segi pembinaan dan perkembangan infrastruktur yang ada di BATAN, dengan pemanfaatan energi nuklir akan diperoleh *national content* yang menguntungkan. Baik pada tahap konstruksi, operasi dan perawatan (maintenance), maupun pada keadaan-keadaan pemeliharaan serta pengembangan di kemudian hari.

Pelaksanaan studi kelayakan PLTN yang lebih teknis dan spesifik sudah selayaknya dimulai oleh pemerintah, agar dengan program persiapan dan pembinaan yang jelas serta motivasi yang baik dapat segera dilaksanakan, sehingga partisipasi nasional di setiap tingkat dan disiplin dapat semaksimal dan seoptimal mungkin. Tujuan akhir tidak lain adalah penge-lolaan, pembangunan dan pengoperasian PLTN secara aman, handal dan ekonomis.

KESIMPULAN DAN SARAN

- Perkembangan yang evolutif dari infrastruktur yang ada di BATAN telah memperlihatkan kemandapan kesiapannya pada proyek-proyek pembangunan PLTN.

- Kemampuan BATAN untuk menyongsong dan mengambil alih *know-how* serta teknologi baru sudah makin meningkat, dan persiapan untuk membangun sudah makin jelas, walaupun

untuk PLTN pertama misalnya, bentuk keikutsertaannya masih terbatas.

- BATAN telah mampu membina kerjasama yang terbuka dengan lembaga-lembaga pemerintahan dan swasta.
- Kecenderungan negara-negara maju pada umumnya adalah menggunakan sumber energi

nuklir untuk memenuhi kebutuhan energinya.
- Kebijakan Energi Nasional yang telah mengikutsertakan energi nuklir dalam pembangkitan tenaga listrik akan sangat strategis dalam membina kemampuan para staf dan peneliti di BATAN dengan adanya tantangan yang jelas.

DISKUSI

T.M. Soelaiman :

Judul Makalah akan lebih lengkap lagi kalau dibahas dari segi psikologi masyarakat. Mengapa di Swedia, Jerman, bahkan A.S., justru perkembangan PLTN susut, bahkan di Swedia direncanakan untuk ditutup dan dihapus semua PLTN itu.

Kesimpulan 1 tidak dapat dipakai sebagai argumentasi dan perbandingan, karena satu saja PLTN meledak (perhatikan peristiwa Chernobyl) setengah dari jumlah umat manusia bisa musnah. Bagaimana caranya untuk memberikan ketentraman kepada masyarakat luas untuk merasa aman (relatif) terhadap adanya PLTN ? Melalui pendidikan, atau melalui informasi luas?

M.Iyos :

Perlu saya sampaikan informasi bahwa peristiwa Chernobyl terjadi karena kelemahan sistem yang tidak sesuai dengan standar internasional. Hingga terjadi produksi uap yang hebat dan mengeluarkan zat radioaktif, akibatnya adalah 31 orang meninggal (tidak mungkin mengakibatkan setengah dari umat manusia musnah), cara memberikan ketentraman kepada masyarakat:

- a. Pendekatannya harus Psikososial dan Sosioantropologis yang memperhatikan sebab-sebab kekhawatiran manusia dan tradisinya.
- b. Kebanyakan masyarakat tetap tentram selama pilihan teknologi tidak mempengaruhi hajat hidup dan keselamatan mereka.

Akan tetapi bagi mereka yang merasa tidak tentram, sebaiknya ditingkatkan penggalakan *public info & public education* yang menjelaskan tentang manfaat nuklir dan aspek kesehatan secara komparatif dan jujur.