



## PROGRAM PENGEMBANGAN TEKNOLOGI BAHAN DAN ELEMEN BAKAR NUKLIR DI PUSAT ELEMEN BAKAR NUKLIR

Asmedi Suropto  
Pusat Elemen Bakar Nuklir - BATAN

### ABSTRAK

**PROGRAM PENGEMBANGAN TEKNOLOGI BAHAN DAN ELEMEN BAKAR NUKLIR DI PUSAT ELEMEN BAKAR NUKLIR.** Program penelitian pengembangan teknologi bahan dan elemen bakar nuklir di PEBN tetap bertumpu kepada dua pilar utama, yaitu teknologi elemen bakar reaktor riset dan teknologi elemen bakar reaktor daya dengan memperhatikan segenap faktor lingkungan strategis yang mempengaruhinya, seperti melebarnya akses pasar global dari berbagai jasa daur bahan bakar, kecenderungan arah berkembangnya teknologi daur bahan bakar nuklir secara umum. Menyongsong abad ke 21, program penelitian pengembangan teknologi bahan dan elemen bakar nuklir harus lebih diarahkan menuju kepada peningkatan penguasaan dan sekaligus peningkatan kemandirian dalam kedua teknologi daur bahan bakar tersebut, baik untuk mendukung program energi nuklir nasional maupun untuk mendukung program pendayagunaan reaktor riset. Peningkatan penguasaan teknologi daur secara umum, dan secara khusus penguasaan teknologi bahan dan elemen bakar nuklir, akan meningkatkan *bargaining power* pada saat proses alih teknologi secara komersial kelak dilakukan.

### ABSTRACT

**FUEL DEVELOPMENT PROGRAM OF THE NUCLEAR FUEL ELEMENT CENTRE.** *Fuel technology development program of the Nuclear Fuel Element Centre is still devised into two main pillars, namely the research reactor fuel technology and the power reactor fuel technology taking into account the strategic influencing environment such as better access to global market of fuel cycle services, the state of the art and the general trend of the fuel technology in the world. Embarking on the twenty first century the fuel development program has to be directed toward strengthening measure to acquire and self-reliance in the field of fuel technology in support to the national energy program as well as to the utilisation of research reactor. A more strengthened acquisition of fuel cycle technology, in general, and particularly of fuel technology would improve the bargaining power when negotiating the commercial fuel technology transfer in the future.*

### PENDAHULUAN

Pusat Elemen Bakar Nuklir (PEBN) dibentuk berdasarkan Keputusan Presiden R.I. Nomor 82 Tahun 1985 dengan pelaksanaannya semula dituangkan dalam Keputusan Dirjen BATAN no. 36/DJ/IV/1986 yang mengatur pengambil-alihan kegiatan Bintek Elemen Bakar Nuklir yang semula meliputi Bidang Metalurgi Nuklir, Bidang Industri Nuklir, Instalasi Produksi Elemen Bakar Reaktor Riset (IPEBRR), Instalasi Elemen Bakar Eksperimental (IEBE), Instalasi Radiometalurgi (IRM), Makmal Teknologi Proses dan Makmal Teknologi Mutakhir.

Struktur organisasi PEBN muncul dengan terbitnya Keputusan Dirjen BATAN No. 127/DJ/XII/1986, terdiri atas: Bagian Tata Usaha, Bidang Bahan Struktur Dan

Dukung, Bidang Bahan Bakar Nuklir, Bidang Elemen Bakar Eksperimental, Bidang Produksi Elemen Bakar Reaktor Riset, Bidang Keselamatan Kerja, Balai Instrumentasi dan Peralatan Proses, Instalasi Penunjang Sarana, Instalasi Radiometalurgi dan Unit Pengamanan.

Tugas pokok dan fungsi PEBN seluruhnya tercantum di dalam Keputusan Dirjen BATAN no. 127/DJ/XII/1986 tersebut dan secara singkat berbunyi "memproduksi elemen bakar dan melakukan pengembangan teknologi elemen bakar nuklir". Pada awal tahun 1997, Pimpinan BATAN memberikan instruksi berupa penambahan tugas pokok PEBN lebih jauh yang meliputi penelitian pengembangan teknologi pengayaan uranium dan pengolah-ulangan dan atau daur-ulang.

PEBN mengelola tiga fasilitas litbang utama yang menjadi basis utama kegiatan pokoknya, yaitu:

- IPEBRR (Instalasi Produksi Elemen Bakar Reaktor Riset) yang diresmikan oleh Presiden R.I. pada tanggal 20 Agustus 1987, berbarengan dengan peresmian Reaktor Serbaguna G.A. Siwabessy (RSG-GAS). Instalasi ini pada tanggal 01 April 1987 secara resmi dihibahkan kepada PT BATAN Teknologi (Persero), yaitu sebuah BUMN yang berada di dalam lingkungan pembinaan BATAN.
- IEBE (Instalasi Elemen Bakar Eksperimental) yang diresmikan oleh Presiden R.I. pada tanggal 11 Desember 1989, dan
- IRM (Instalasi Radiometalurgi) yang diresmikan oleh Presiden R.I. pada tanggal 12 Desember 1987.

Ketiga instalasi di atas dilengkapi dengan instalasi penunjang-sarana (jaringan utilitas dan dukung) berupa fasilitas pengatur klima, fasilitas penyedia media dan energi dan fasilitas pendukung umum lainnya. Selain itu, sistem keselamatan kerja juga dilengkapi sebagai bagian tak terpisahkan dari ketiga instalasi di atas.

#### PROGRAM PENELITIAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI

Sesuai dengan arahan Pimpinan BATAN, segenap program kegiatan Pusat Elemen Bakar Nuklir disusun dengan berpedoman kepada empat acuan pokok, yaitu:

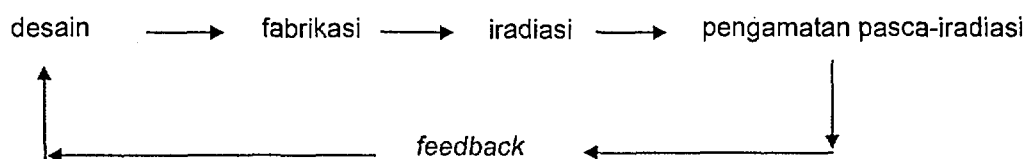
1. Keputusan Dirjen BATAN No. 127/DJ/XII/1985 yang antara lain memuat tugas pokok dan fungsi Pusat Elemen Bakar Nuklir

2. Rencana Strategis (Renstra) BATAN
3. Sasaran PJP II bidang Sains dan Teknologi Nuklir (hasil Raket 1992). Salah satu dari **duabelas butirnya** adalah **butir kedua**, yaitu tentang **kemandirian dalam penyediaan bahan bakar nuklir** bagi keperluan dalam negeri dan luar negeri, yang secara tidak langsung berkaitan dengan butir pertama yaitu tentang pembangunan dan pengoperasian PLTN di Indonesia secara selamat, ekonomis, dengan daya terpasang  $\approx 7000$  MW.
4. Hasil-hasil yang telah dicapai pada periode sebelumnya.

Sesuai dengan Keputusan Dirjen BATAN No. 127/DJ/XII/1985, tugas pokok PEBN secara singkat adalah **“memproduksi elemen bakar dan melakukan pengembangan teknologi elemen bakar nuklir”**. Program kegiatan dan program penelitian pengembangan di PEBN selama Pelita VI ini disusun menjadi dua kelompok utama litbangtek (penelitian pengembangan teknologi), yaitu:

- a. Program Litbangtek Elemen Bakar Reaktor Riset, termasuk di dalamnya program kegiatan produksi elemen bakar untuk RSG-GAS.
- b. Program Litbangtek Elemen Bakar Reaktor Daya.

Kedua program litbangtek itu masing-masing melingkupi teknologi proses produksi bahan bakar reaktor, teknologi proses fabrikasi elemen bakar, teknik kendali kualitas produk, pengamatan unjuk-kerja produk, teknologi proses dan karakterisasi bahan struktur dan bahan dukung bagi elemen bakar, aspek keselamatan dan aspek sarana dukung lain, serta pengkajian komersialisasi fasilitas produksi elemen bakar.



Gambar 1. Skema litbangtek bahan dan elemen bakar nuklir

Litbangtek mengikuti skema yang lazim digunakan yaitu berupa siklus litbang yang terdiri atas:

### Program Litbangtek Bahan dan Elemen Bakar Reaktor Riset

Program pengembangan bahan bakar reaktor riset tetap saja sempit dan terbatas dan tetap berupa upaya-upaya untuk mencari bahan bakar densitas tinggi yang baru, yang benar-benar mampu menghilangkan atau sekurangnya meminimasi *penalty* akibat pengalihan penggunaan bahan bakar HEU (*high-enriched uranium*) menjadi LEU (*low-enriched uranium*) dalam kerangka mensukseskan program antiproliferasi. Diperkirakan akan semakin banyak reaktor yang dikonversi kepada penggunaan LEU dari HEU. Keterlibatan Indonesia dalam hal ini adalah untuk mendapatkan pangsa pasar lebih besar bagi produksi EBRR. Program yang akan dilakukan meliputi:

- a. menuntaskan litbang uranium silisida dan variasinya, hingga dicapai kemampuan komersial fabrikasi dengan *loading* tinggi yang teruji, baik secara teoretikal-modeling maupun secara eksperimental-iradiasi-pascairadiasi, dengan muara pada perolehan lisensi untuk memproduksi secara komersial dan pemaikannya di reaktor.
- b. merintis litbang paduan logam semacam U-Mo, dll yang prospek densitasnya amat jauh di atas uranium silisida, juga dengan menempuh pembuktian secara teoretikal-modeling dan secara eksperimental-iradiasi-pascairadiasi serta mendapatkan lisensi untuk memproduksikannya secara komersial.
- c. penguasaan teknik uji pascairadiasi harus makin dikembangkan untuk mencapai status mampu melayani kebutuhan akan uji pascairadiasi, baik untuk kepentingan domestik maupun untuk kepentingan melayani pesanan jasa dari luar negeri.
- d. mengingat program penyimpanan elemen bakar bekas akan mewarnai abad mendatang, sebelum proses olah ulang domestik atau luar negeri ditetapkan, maka studi ke arah penguasaan teknologi simpan secara basah harus senantiasa dikembangkan untuk menjamin kelangsungan penyimpanan BBB dalam waktu lama (ratusan tahun). Untuk itu studi korosi dan penangkalannya sangat esensial diperdalam.
- e. mengantisipasi perlunya mencampurkan burnable poisons dalam bahan bakar, maka teknik fabrikasi elemen bakar dengan implantasi *burnable poisons* harus dikembangkan dan dikuasai.
- f. bila diperlukan, teknologi fabrikasi control blades dan rods akan dikembangkan juga.

### Program Litbangtek Bahan dan Elemen Bakar Reaktor Daya

Pada abad ke 21 mendatang, penguasaan teknologi bahan bakar reaktor daya sudah memasukkan berbagai kecenderungan dan lingkungan strategis. Program jangka panjang dalam teknologi ini akan berlangsung hampir tanpa akhir mengingat orang selalu mengejar *burnup* yang makin tinggi mengikuti kecenderungan ***ultimately no recycle fuel cycle concept***. Penelitian mencari *burnup* tinggi pada muaranya sangat memerlukan siklus litbangtek seperti digambarkan pada Gambar 1 di depan dan seperti diketahui, tiap periode untuk menyelesaikan siklus seperti itu bisa berlangsung beberapa tahun. Pada saat ini program lebih difokuskan kepada:

- a. teknologi bahan bakar (proses dan fabrikasi) yang digunakan di reaktor PLTN; diperkirakan pilihan ke arah LWR (*Light Water Reactor*) dan tipe Candu menjadi masa depan bagi PLTN; termasuk di dalamnya pengembangan teknologi olah-ulang gagal produksi elemen bakar (U diperkaya dan U alami)
- b. pengembangan teknologi bahan bakar (pelet) yang makin mendukung program peningkatan *burnup*: penambahan aditif untuk memperbaiki kelakuan mekanik ( $TiO_2$ ), penambahan aditif *burnable poisons* ( $Gd_2O_3$ ,  $Eu_2O_3$ , dll)
- c. pengembangan teknologi produksi bahan struktur (paduan Zr) termasuk karakterisasinya, yang mampu mendukung peningkatan *burnup*
- d. re-vitalisasi IEBE menjadi fasilitas yang mampu menyiapkan PWR *fuel pins* dan Candu *fuel pins/assemblies* akan direalisasikan. Dalam pengertian revitalisasi ini telah tercakup pula kegiatan **penambahan dan modifikasi** di berbagai tempat untuk menjadikan

- instalasi mampu menyiapkan (komponen berkas) elemen bakar tipe LWR pula
- e. pengembangan modeling termasuk penggunaan *computer codes* yang tersedia untuk desain elemen bakar atau untuk prediksi unjuk-kerja di dalam teras, termasuk memprediksi adanya interaksi bahan bakar dengan kelongsong, pelepasan gas hasil fisi selama penggunaan di reaktor dll.
  - f. program iradiasi spesimen *pin* baik jenis PWR maupun jenis Candu akan dilakukan, dilanjutkan dengan uji pascairadiasinya dan evaluasi hasil ujinya. Peningkatan intensitas pengujian radiasi ini seiring dengan terlepasnya RSG-GAS dari tugas sebagai produser utama radioisotop karena RPI (Reaktor Produksi Isotop) akan menggantikannya, dan pada saat itu segenap instalasi uji elemen bakar sudah akan diaktifkan.

#### Program Daur Bahan Bakar Umum

Mengantisipasi peran tenaga nuklir dalam sistem ketenagaan nasional pada abad ke 21, sangat tepat untuk memulai menggarap litbang sebagian dari teknologi daur bahan bakar di luar fabrikasi yang memiliki prospek dapat dikuasai secara domestik. Hanya ada dua bagian teknologi daur (di luar teknologi fabrikasi yang sedang dikembangkan) yang diperkirakan layak dikembangkan secara nasional, yaitu:

- a. teknologi pengayaan level rendah; proses pertukaran kimia serupa dengan chemex akan dikembangkan dengan memanfaatkan berbagai teknologi mutakhir yang mendukungnya.
- b. teknologi proses ulang; yang sangat menarik dikembangkan adalah teknologi *dry reprocessing technology* atau *pyrotechnology* yang pada status dewasa ini memanfaatkan sifat lebih volatil senyawa uranium fluorida daripada fluorida logam lain. Namun demikian, teknologi klasik basah untuk reprosesing juga akan diperdalam.

Penguasaan yang mendalam dan paripurna terhadap kedua teknologi di atas, ditambah dengan penguasaan yang kuat dalam teknologi fabrikasi akan menempatkan Indonesia dalam jajaran kekuatan teknologi nuklir yang disegani di dunia.

#### BEBERARA KENDALA DAN IMPLIKASI

Walaupun dilaporkan berjalan cukup lancar, kegiatan produksi dan litbangtek elemen bakar reaktor riset masih memiliki beberapa kendala, antara lain berujung ketiadaan alat uji tingkat kekayaan yang representatif, semisal cara spektrometri massa. Keadaan ini tidak boleh dibiarkan berlangsung terus-menerus apabila dikehendaki pelaksanaan jaminan kualitas yang tuntas terhadap produk elemen bakar.

Dalam litbangtek elemen bakar reaktor daya, kendala utama adalah belum penuhnya operasi fasilitas Instalasi Elemen Bakar Eksperimental/IEBE, termasuk sistem bantuannya, yang telah diketahui bersama merupakan hambatan sejak instalasi ini diresmikan pada 1989 dahulu. Untuk mengatasinya, perlu menempatkan program re-vitalisasi IEBE sebagai prioritas utama dan segera melakukannya sebagai program jangka menengah.

Di samping itu, masih banyak program litbang yang **sangat erat terkait** dengan litbangtek elemen bakar tetapi tidak dapat dilakukan di PEBN sendiri dan oleh karenanya memerlukan kerjasama antar unit di lingkungan BATAN dan luar BATAN. Tema yang di-maksudkan terutama adalah berupa penelitian dasar yang diperlukan untuk memahami berbagai proses industrial yang digunakan atau sedang diteliti secara di PEBN.

Pemekaran program dengan memasukkan program teknologi daur di luar teknologi bahan dan elemen bakar secara langsung menuntut perlunya penambahan personel yang akan dibina dan diarahkan untuk mendukung pelaksanaan program baru tersebut, karena personel yang tersedia saat ini dinilai secara kuantitatif kurang mencukupi.

#### PENUTUP

Program litbangtek PEBN disusun dengan tetap berada pada alur yang sesuai dengan tugas pokok dan fungsi PEBN yang diatur di dalam Keputusan Dirjen BATAN No. 127/DJ/XII/1986. Secara singkat untuk litbang teknologi elemen bakar reaktor riset, program jangka panjangnya

diharapkan mengantar BATAN kepada kedudukan sejajar dengan fabrikator terkemuka di dunia dengan penguasaan teknologi produksi elemen bakar bertingkat-muat tinggi secara komersial. Sedang untuk teknologi elemen bakar reaktor daya, program jangka panjangnya diharapkan mampu membawa BATAN kepada kesempatan dan kemampuan menjadi (*sole*) atau sekurangnya sebagian dari pemasok elemen bakar reaktor daya bagi PLTN di masa mendatang.

Untuk pelanjutan dan bahkan peningkatan intensitas dan kualitas litbang teknologi bahan dan elemen bakar reaktor riset, diperlukan akses cukup baik untuk tetap dapat memanfaatkan IPEBRR yang saat ini ada dalam manajemen BUMN dan sekaligus diperlukan sarana baru laboratorium yang mampu mendukung litbang yang lebih maju di masa mendatang. Laboratorium baru ini sekaligus juga akan mendukung kepentingan litbang teknologi bahan bakar reaktor daya dan teknologi lain dari daur bahan bakar nuklir dan untuk itu perlu dilengkapi dengan peralatan dan instrumentasi yang canggih dan mutakhir. Lab ini akan menjadi tempat mengembangkan proses-proses pengayaan dan proses ulang yang dimaksudkan.

Kegiatan re-vitalisasi yang dimulai akhir abad ke 20 perlu ditingkatkan dengan cita-cita mengubah IEBE dari sekedar sebagai laboratorium teknologi EBRD tipe Cirene, secara bertahap ditingkatkan kemampuannya untuk menyiapkan berbagai spesimen iradiasi elemen bakar dari berbagai jenis tipe reaktor, kemudian pada akhirnya sekaligus akan menjadi salah satu pabrik pertama yang dimiliki BATAN untuk memproduksi EBRD tipe Candu, apabila PLTN tipe Candu ini kelak dipilih. Persiapan ke arah sudah dirintis, dan sewaktu-waktu dapat realisasinya dapat dimulai, apabila dikehendaki.

## TANYA JAWAB

### Heryudo Kusumo

- Mohon dijelaskan tentang status perijinan dan safeguard IPEBRR setelah diserahkan kepada PT. BANTEK?
- Mohon dijelaskan tujuan dilakukannya modeling elemen bakar reaktor riset di PEBN, dan apakah hal ini sudah sering dilakukannya oleh pusat yang lain?

- Apabila program RPI (Reaktor Produksi Isotop) tidak jadi dilanjutkan, bagaimana pengaruhnya terhadap program iradiasi spesimen pin PWR maupun jenis CANDU?
- Bagaimana prospek pengembangan teknologi pengayaan uranium di masa depan?

### Asmedi Suropto

- Perijinan IPEBRR sah disepakati akan dialihkan ke PT. BANTEK dan PT. BANTEK harus berinisiatif menyiapkan dokumentasi yang diperlukan. Ini sesuai dengan hasil seminar sehari tentang keselamatan nuklir.
- Modeling untuk EBRD diperlukan untuk mengetahui secara prediksi unjuk kerja bahan bakar reaktor riset selama iradiasi. Beberapa model sudah ada dan terkenal, seperti DART (*Dispersion Analysis Research Tools*).
- Sudah barang tentu akan menghambat, tetapi sudah ada tekad untuk mendayagunakan berbagai fasilitas iradiasi yang tersedia, termasuk PRTF, grid, dll.
- Untuk Indonesia, pengembangan teknologi pengayaan diarahkan untuk menguasai teknologi yang layak untuk negara berkembang. Tidak akan dilakukan pengembangan teknologi yang padat-energi dan investasi, seperti difusi gas, difusi termal dan ultrasentrifugasi. Akan dipelajari teknologi pertukaran kimia yang lebih layak diterapkan dan memiliki sifat anti-proliferasi.

### Siti Amini

- Bagaimanakah tentang program limbah TRU; apakah dimasukkan ke dalam program PEBN tersebut? Karena secara implisit dari program pengayaan dan daur ulang tersebut akan ada implikasinya, padahal berdasarkan daur terbuka, seharusnya limbah TRU dikelola oleh PTPLR, walaupun sampai saat ini PTPLR belum mencanangkan programnya.

### Asmedi Suropto

- Limbah TRU merupakan keluaran dari proses ulang sehingga per definisi termasuk limbah dan untuk itu termasuk dalam kegiatan pengolahan limbah yang bukan menjadi kompetensi dan tugas

PEBN. Menurut catatan, PTPLR sudah memulai kegiatan pengolahan TRU.

**Derek H. Lister**

- Will the possibility of better fuel utilization and the advantages for the economy and for the more towards energy self-sufficiency that the PWR/CANDU fuel cycle (like the DUPIC concept) offers possibility influence a decision to a dual-reactor installation in your country?

**Asmedi Suropto**

- Yes, it is among considerations being taken. It may not be realized in the form of dual-reactor installation, but rather in the form of the composition of reactor types.

**R. Didiek Herdady**

- Bila program PEBN dikaitkan dengan rencana PLTN mendatang di Indonesia, persiapan-persiapan litbang untuk penyesuaian PLTN di Indonesia, sejauh mana konsep/pemikiran untuk itu?

**Asmedi Suropto**

- Sampai saat ini belum ada indikasi jenis PLTN mana yang akan dipakai. Tapi hanya ada 2 pilihan utama, yaitu tipe PHWR dan LWR (BWR dan PWR).

**Reinhard Pardede**

- Hanya usul : Penelitian di EBN mengenai *control blade dan rod* lebih baik meneliti untuk AP1000 (Westinghouse) dan SBWR 1000 Mwe( General Electric) dengan datanya diambil dari staf BATAN yang pernah mengikuti *training* di General Electric dan Westinghouse Amerika Serikat.

**Asmedi Suropto**

- Saran ditampung dan akan dipertimbangkan apabila saat untuk itu sudah tepat. Pada saat ini, prioritas ada pada pengembangan *control rods* dan *blades* untuk reaktor riset.

**Sugondo**

- Dalam program litbang bahan dan elemen bakar reaktor riset, tercantum "pengembangan bahan *control rods* dan *blades*" sedangkan pada program reaktor daya tidak ada program tersebut.

**Asmedi Suropto**

- Urgensi saat ini menyangkut reaktor riset yang sudah jelas desainya. Untuk reaktor daya, jenis dan ukuran dayanya belum jelas, sehingga untuk mengarah kepada pengembangannya masih terlalu sulit.

**Faizal Riza**

- Mohon penjelasan mengenai PT. BANTEK dan apakah ada program lain selain produksi elemen bakar nuklir?
- PT. BANTEK mempunyai sistem penggajian karyawannya berbeda dengan karyawan BATAN. Apakah tidak ada kesenjangan?

**Asmedi Suropto**

- Ada, yaitu radioisotop dan instrumentasi nuklir. Divisi yang memproduksi elemen bakar adalah divisi Produksi Elemen Bakar Nuklir, salah satu dari 3 divisi teknis dari PT. BANTEK.
- Memang ada, tetapi selama pengkajian pendirian BUMN, hal itu sudah diupayakan untuk diminimasi. Jadi apabila ada kesenjangan, hal tersebut adalah minimum dan dipercaya akan hilang dengan keberhasilan BUMN menunjukkan prestasi dan dengan waktu.