

## ASPEK-ASPEK PENGAMANAN JENIS PLTN PWR

Oleh Soekarno

### Abstrak

Diberikan kriteria PLTN jenis PWR dalam persiapan disain, konstruksi, dan operasi. Dikemukakan beberapa macam kemungkinan bahaya yang akan terjadi dan langkah pencegahan yang perlu diambil dengan pertimbangan keselamatan. Disimpulkan ketentuan-ketentuan yang perlu diperhatikan dalam pembangunan PLTN jenis PWR.

### PENDAHULUAN

Aspek pengaman reaktor perlu diperhatikan guna pertimbangan akan kejadian yang mungkin timbul terutama yang membahayakan keselamatan. Dari macam bahan, komponen, kualitas serta pengalaman dari operasi reaktor maka sebagian kegagalan akan dapat diperkirakan. Untuk itu perlu diketahui dan dipelajari kriteria dari suatu jenis PLTN yang akan dibangun. Tingkat bahaya dari suatu stasiun PLTN tergantung akan jenis dari reaktor yang dipilih dan lokasi tempat kejadiannya.

Untuk PLTN tipe PWR, maka dapat dibedakan mengenai bahaya-bahaya dalam bagian reaktornya sendiri (termasuk disain, bahan, konstruksi, dan tingkat radiasi) dan bahaya pada bagian sistem konvensionalnya (termasuk disain, bahan, dan konstruksi). Oleh karena itu maka guna mengetahui hal-hal tersebut perlu diberikan beberapa kriteria dari PWR baik dalam disain, konstruksi, dan operasi sesuai dengan ketentuan yang telah ada.

Dari pengalaman operasi PWR dan perkembangan disain ternyata masih pula terdapat banyak sekali kejadian/kegagalan yang terjadi baik yang telah diperkirakan maupun yang tidak diduga sebelumnya. Begitu pula dapat diperoleh pengalaman bagaimanakah cara mengatasi kesukaran serta tindakan preventif yang perlu diambil. Untuk itu maka perlu pula dipelajari dan ditentukan langkah/persiapan mana yang perlu diperhatikan dalam suatu pembangunan PLTN baik dari segi disain sampai dengan kondisi beroperasi.

Dalam tulisan ini diberikan beberapa contoh kegagalan yang telah terjadi dalam suatu PLTN tipe PWR yang telah beroperasi dan tingkat bahayanya dengan harapan dapat dipakai sebagai bahan pertimbangan dalam persiapan pembangunan PLTN dinegara kita. Lepas dari itu dapat pula dipakai sebagai pegangan untuk macam bahaya dari PLTN dengan reaktor tipe yang lainnya, karena boelh dikatakan kemungkinan yang terjadi pada semua jenis PLTN hampir mirip, terutama pada bagian sistem konvensionalnya.

Akhirnya disimpulkan pula oleh penulis ketentuan-ketentuan apa yang perlu dan harus diperhatikan dalam pembangunan suatu PLTN jenis PWR dengan

tujuan dapat mengurangi banyaknya dan atau tingkatan dari kegagalan/bahaya yang terjadi terutama yang menyangkut segi keselamatan dan kesehatan penduduk.

#### a. Kriteria Jenis PLTN-PWR

Fasilitas PLTN harus didisain, dibangun, dan dioperasikan sedemikian sehingga penggunaannya sesuai dengan kriteria yang telah disusun oleh Badan Tenaga Atom Internasional. Ijin baru akan diberikan apabila kriteria yang diambil telah memenuhi persyaratan, terutama dalam segi keselamatan, dan hal ini berlaku untuk semua jenis PLTN/reaktor yang akan dibangun.

Sampai sekarang sebenarnya belum ada kriteria yang sempurna dalam mengklasifikasikan struktur, bahan, dan komponen yang akan dipakai mengingat perbedaan fungsinya. Kadang diperlukan kriteria sampai mendetail, kadang secara garis besar saja sesuai dengan tugasnya disamping masih diperlukannya pengembangan lanjut. Untuk tujuan disain biasa dipakai kriteria umum dimana lazim dipakai sedangkan untuk tujuan operasi dan keselamatan disamping dipergunakan kriteria yang telah diterapkan diperlukan lagi kriteria tambahan yang lebih detail sesuai dengan tujuan pemakaiannya.

Guna keselamatan biasanya pendisain memilih kriteria yang lebih detail baik untuk komponen maupun sistim yang dipakai yang oleh karena itu akan memerlukan lebih banyak komponen dan sistim (saling tak gayut) yang dipakai. Jadi didalam prinsip pada peralatan PLTN PWR diperlukan kriteria struktur, bahan, dan sistimnya sedangkan setelah operasi segala sesuatu yang menyangkut perawatan dan persoalan lain yang tidak menyangkut disain, maka biasanya tidak dimasukkan dalam kriteria.

#### b. Pertimbangan Disain, Konstruksi, dan Operasi

Diperlukan persyaratan untuk kondisi-kondisi operasi normal, kegagalan yang mungkin timbul, kegagalan yang tidak terduga, dan kegagalan total.

Pada kondisi operasi normal sudah tentu harus diperhitungkan adanya penggantian ulang bahan bakar dan perawatan peralatan secara reguler. Penggantian ulang bahan bakar sebelumnya dapat diperhitungkan dahulu lewat perhitungan menurut susunan kisi; bahan bakar didaerah/bagian manakah yang perlu diganti terlebih dahulu dan pada daerah manakah yang kemudian. Untuk itu maka perlu diketahui baik waktu maupun harga parameternya yang mana akan menentukan pengantiannya dapat dilakukan secara manual maupun otomatis demi keselamatannya.

Untuk kondisi kegagalan yang mungkin timbul dalam suatu stasiun jenis tertentu seperti halnya kegagalan yang diakibatkan oleh ketidaksengajaan operasi dan pada waktu perawatan sebagian dari peralatan yang dipakai, maka apabila hal ini terjadi reaktor harus dapat dimatikan untuk dapat melakukan inspeksi dan perbaikan dengan sempurna.

Pada kondisi kegagalan yang tidak diduga sebelumnya (tidak tentu kejadiannya) selama umur reaktor, seperti misalnya terjadi pecah pada pipa-pipa siklus primer atau akibat kesalahan letak posisi bahan bakar ulang yang disengaja ataupun ketidak tepatan posisi batang pengaman. Hal itu biasanya hanya terjadi pada sebagian dari bagian bahan bakar saja tetapi meskipun demikian operasi harus dapat dihentikan sementara. Pada kegagalan ini akan terjadi penyebaran zat radioaktif meskipun tidak begitu besar. Untuk kondisi ini maka sistim pendingin atau containment harus dapat berfungsi.

Kegagalan total sama sekali tidak diharapkan bakal terjadi akan tetapi perlu dipertimbangkan pula akibat akan penyebaran zat radioaktif pada kondisi ini cukup besar. Keadaan ini akan terjadi apabila pecahnya pipa-pipa pada siklus primer maupun sekunder parah ataupun dapat juga disebabkan oleh karena tidak bekerjanya mesin penggerak sistim ulang bahan bakar dan batang pengaman atau akibat macetnya pompa pendingin. Apabila kondisi ini terjadi maka baik sistim pendingin maupun sistim kontainment harus dapat bekerja dengan baik.

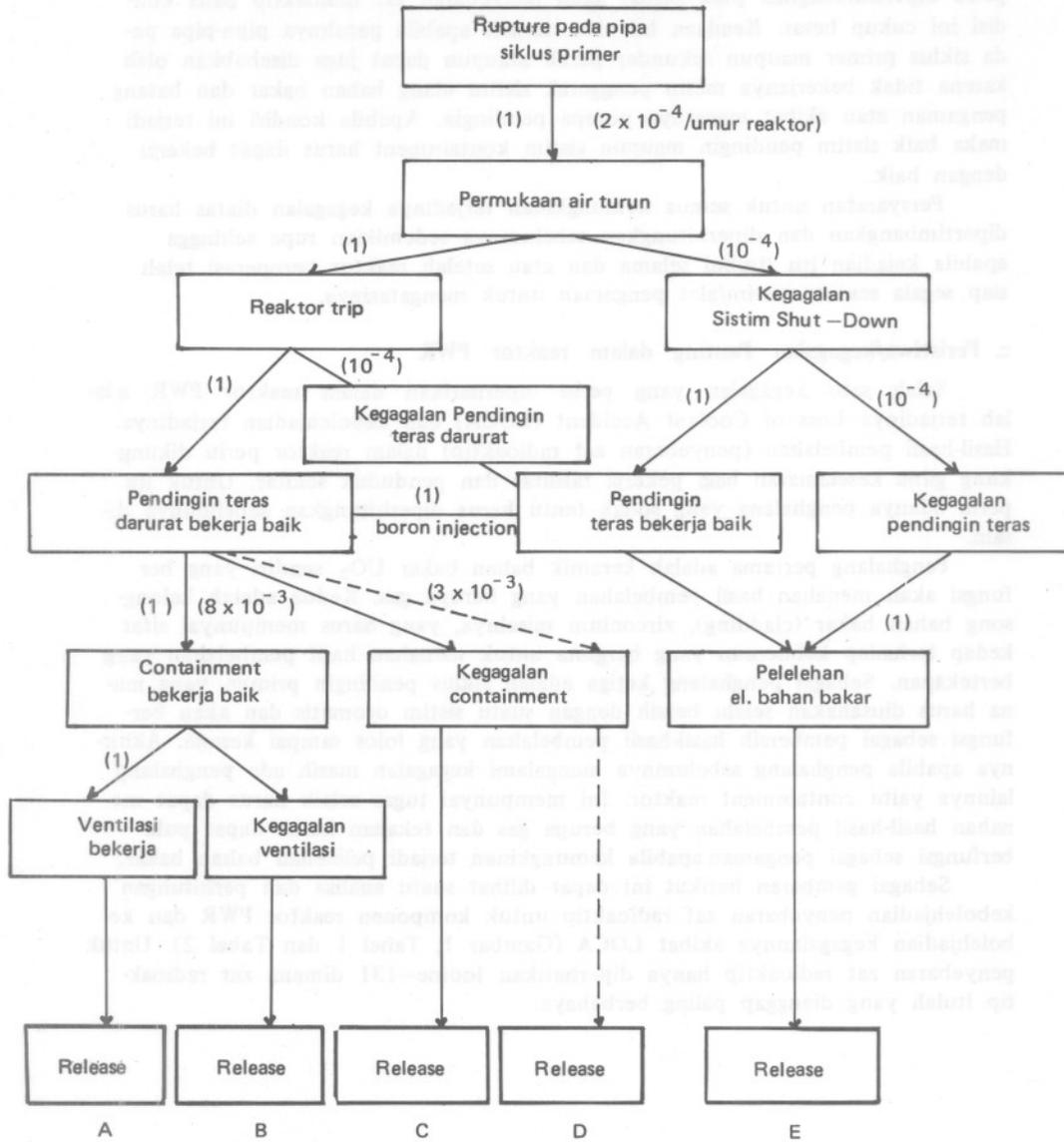
Persyaratan untuk semua kemungkinan terjadinya kegagalan diatas harus dipertimbangkan dan diperhitungkan sebelumnya sedemikian rupa sehingga apabila kejadian itu timbul selama dan atau setelah reaktor beroperasi telah siap segala sesuatu sistim/alat pengaman untuk mengatasinya.

### c. Peristiwa/kegagalan Penting dalam reaktor PWR

Salah satu kegagalan yang perlu diperhatikan dalam reaktor PWR adalah terjadinya Loss of Coolant Accident (LOCA) dan kebolehjadian terjadinya. Hasil-hasil pembelahan (penyebaran zat radioaktif) dalam reaktor perlu dikungkung guna keselamatan bagi pekerja fasilitas dan penduduk sekitar. Untuk itu perlu adanya penghalang yang sudah tentu harus diperhitungkan sebelumnya disain.

Penghalang pertama adalah keramik bahan bakar  $UO_2$  sendiri yang berfungsi akan menahan hasil pembelahan yang berupa gas. Kedua adalah kelongsong bahan bakar (cladding), zirconium misalnya, yang harus mempunyai sifat kedap terhadap kebocoran yang berguna untuk menahan hasil pembelahan yang bertekanan. Sebagai penghalang ketiga adalah siklus pendingin primer, yang mana harus diusahakan selalu bersih dengan suatu sistim otomatis dan akan berfungsi sebagai pembersih hasil-hasil pembelahan yang lolos sampai kesana. Akhirnya apabila penghalang sebelumnya mengalami kegagalan masih ada penghalang lainnya yaitu containment reaktor. Ini mempunyai tugas selain harus dapat menahan hasil-hasil pembelahan yang berupa gas dan tekanan harus dapat pula berfungsi sebagai pengaman apabila kemungkinan terjadi pelelehan bahan bakar,

Sebagai gambaran berikut ini dapat dilihat suatu analisa dan perhitungan kebolehjadian penyebaran zat radioaktif untuk komponen reaktor PWR dan kebolehjadian keagalannya akibat LOCA (Gambar 1, Tabel 1 dan Tabel 2). Untuk penyebaran zat radioaktif hanya diperhatikan Iodine-131 dimana zat radioaktif itulah yang dianggap paling berbahaya.



Gambar 1 – Analisa kebolehjadian terjadinya LOCA pada PWR

Tabel 1. Kebolehjadian kegagalan komponen PWR

No.	Komponen	Kebolehjadian kegagalan
1.	Pipa-pipa pendingin primer	$5 \times 10^{-5}$
2.	Sistim shut-down reaktor	$10^{-4}$
3.	Pendingin teras reaktor	$10^{-4}$
4.	Sistim containment	$8 \times 10^{-3}$ +)
5.	Sistim ventilasi	$3 \times 10^{-3}$ ++)
6.	Sistim ventilasi	—
6.	Blower	$10^{-2}$
	Kompressor	—

Keterangan :

- + ) — untuk release serentak (lewat permukaan tanah + cerobong)  
 ++ ) — untuk relase lewat permukaan tanah.

Table 2. Kebolehjadian dan besarnya release  $I^{131}$  untuk suatu peristiwa LOCA

Hal	Kebolehjadian	Release $I^{131}$	Anggapan
A.	$2 \times 10^{-4}$	10 Ci	Kecepatan bocor efektif selama 6 jam.
B.	$2 \times 10^{-8}$	$10^3$ Ci (release lewat permukaan tanah)	Kecepatan bocor efektif selama 6 jam.
C.	$2 \times 10^{-6}$	$10^6$ Ci	Release lewat cerobong atau permukaan tanah
D.	$2 \times 10^{-8}$	pelelehan bahan bakar.	Release tergantung dari kondisi containment setelah terjadinya peristiwa.

Menurut perhitungan berdasarkan perkiraan umur reaktor tahan selama 30 tahun, maka diperoleh hasil sebagai berikut :

- Kebolehjadian terjadinya kegagalan pipa-pipa pendingin primer secara mendadak adalah sebesar  $5 \times 10^{-5}$ . Oleh karena PWR biasanya memakai empat buah pipa pendingin utama, maka besarnya kemungkinan kebolehjadian gagal adalah sebesar  $2 \times 10^{-4}$  untuk setiap umur reaktor.
- Kebolehjadian terjadinya kegagalan sistim shut-down dalam reaktor PWR adalah sebesar  $10^{-4}$  untuk setiap umur reaktor. Hal ini dipengaruhi oleh besar faktor keandalan.

- Kegagalan untuk sistim pendingin teras reaktor PWR mempunyai kebolehjadian sebesar kira-kira  $1 \times 10^{-4}$  untuk setiap umur reaktor. Harga itu merupakan rata-rata dari semua penyebabnya atau bahaya tidaknya kegagalan yang terjadi.
- Kegagalan sistim containment pada reaktor PWR hampir dapat dikatakan belum pernah terjadi karena telah didisain sedemikian sehingga tahan untuk tekanan yang lebih.
- Selama reaktor PWR dioperasikan sistim ventilasi harus bekerja terus menerus agar tekanannya sedikit dibawah tekanan atmosfir. Kebolehjadian kegagalannya adalah sebesar  $8 \times 10^{-3}$  untuk penyebaran lewat permukaan tanah dan cerobong atau sebesar  $3 \times 10^{-3}$  untuk penyebaran yang lewat cerobong.

Perhitungan besarnya kebolehjadian kegagalan tersebut didasarkan kepada pengaruh faktor lain yaitu bekerja baik tidaknya peralatan seperti misalnya blower ataupun kompresor. Sebagai akibat apabila sistim ventilasi sering mengalami kerusakan maka sudah tentu akan menyebabkan hasil-hasil belahan zat radioaktif akan lebih besar.

#### d. Kesimpulan

Dipandang dari segi keselamatan dan kesehatan, maka guna pembangunan suatu stasiun PLTN jenis PWR perlu diperhatikan ketentuan-ketentuan sebagai berikut :

1. Disain baik untuk bahan, komponen, dan sistim harus seteliti dan sebaik mungkin dalam pemilihan kualitas maupun banyaknya sistim yang dipakai mengingat adanya pengalaman operasi yang ternyata banyak kegagalan walaupun sudah dilakukan perbaikan disain.
2. Dalam konstruksi kelihatannya tidak banyak pengalaman yang dapat diambil karena biasanya yang terjadi adalah kegagalan yang bersifat teknis.
3. Setelah operasi maka banyak pengalaman yang dapat diperoleh kecuali persoalan teknis yang terutama adalah kegagalan yang menyangkut kesehatan dan keselamatan penduduk yakni adanya penyebaran zat radioaktif akibat hasil-hasil pembelahan. Dari pengalaman terlihat bahwa walaupun tidak terjadi kegagalan yang berarti tetapi tetap ada penyebaran zat radioaktif meskipun kecil.

Dengan sedikit gambaran pada uraian di atas dapat disimpulkan pula bahwa tingkat penyebaran zat radioaktif tidak begitu besar/berbahaya terhadap keselamatan dan kesehatan penduduk sekitar untuk kegagalan yang sering terjadi. Untuk kondisi negara kita dimana akan membangun suatu stasiun PLTN hal tersebut perlu dikemukakan sebagai informasi terhadap penduduk disamping itu perlu pula ditambah bahwa staf dan peralatan kita telah siap dan mampu untuk menaggulangnya.

#### DAFTAR PUSTAKA :

1. "Nuclear Safety Criteria for the Design of Stationary Pressurized Water Reactor Plants". American Nuclear Society, Hinsdale Illinois 60521 U.S.A., August 1970.
2. W.J. TURNER., ' Australian School of Nuclear Technology' . Nuclear Technology Course, 1973.
3. K.H. LINDAKER, and W. STEBOL., "Probability Analysis Applied to Light Water Reactor : Loss of Coolant Accident". Journal of Nuclear Safety, Volume 14 No. 1, 1973.
4. P.L. DOAN., D.D. LANNING, and N.C. RASMUSSEN., Pressurized Water Reactors by Hypothetical Vessel Rupture'. Journal of Nuclear Safety, Vol. 14 No. 4, 1973.
5. J.L. ANDERSON., "Safety Sistem Design Problems". Nuclear Safety, Vol'8., No. 4, 1967.