

PENGALAMAN KEJADIAN PADA REAKTOR RISET UNTUK PENINGKATAN KESELAMATAN

Slamet Wiranto

ABSTRAK

Pengalaman kejadian pada reaktor riset untuk peningkatan keselamatan. Keselamatan pengoperasian reaktor riset adalah merupakan faktor utama agar program pengembangan teknologi nuklir bisa berlangsung sesuai target yang diharapkan. Untuk ini berbagai pengalaman kejadian/kecelakaan dalam reaktor riset perlu diketahui dan dipahami oleh para pelaksana program nuklir, khususnya bagi para operator dan supervisor reaktor serba guna GA. Siwabessy. Dari beberapa pengalaman kejadian/kecelakaan yang terjadi pada berbagai reaktor riset, yang tercantum dalam buku "Experience with research reactor incidents" yang dikeluarkan oleh IAEA pada tahun 1995, disimpulkan bahwa penyebab utama kecelakaan reaktor riset adalah kurang dihayatinya budaya keselamatan oleh para penanggung jawab dan pelaksana instalasi nuklir. Dengan cara mempelajari, memahami dan membandingkan pengalaman-pengalaman tersebut dengan kondisi yang ada pada Reaktor GA. Siwabessy diharapkan para operator dan supervisor reaktor lebih menghayati lagi pentingnya budaya keselamatan untuk menunjang suksesnya operasi Reaktor GA. Siwabessy dengan selamat sesuai target yang ditentukan.

ABSTRACT

Experience with research reactor incidents to increase safety. The safety of research reactor operation is the main factor in order that the nuclear technology development program can be held according the expected target. Several experience with research reactor incidents must be learned and understood by the nuclear program personnels, especially for operators and supervisors of RSG GA. Siwabessy. From the incident experience of research reactor in the world, which mentioned in the book "Experience with research reactor incidents" by IAEA, 1995, was concluded that the main cause of research reactor accidents is understandless about the safety culture by the nuclear installation personnels. With learn, understand and compare between this experiences and the condition of RSG GA Siwabessy is expected the operators and supervisors more attention about the safety culture, so that RSG GA Siwabessy can be operated succesfull, safely according the expected target.

1. Pendahuluan

Beberapa kejadian/kecelakaan yang terjadi pada beberapa reaktor riset yang tercantum dalam buku "Experience with research reactor incidents" yang dikeluarkan oleh IAEA pada tahun 1995 akan dijelaskan dibawah ini:

1. Bahan bakar korosi akibat kualitas air pendingin tidak memenuhi persyaratan
2. Penyinaran lebih akibat kesalahan penanganan kontainer-transport kapsul iradiasi
3. Kebocoran kontainer Xenon
4. Kehilangan catu daya listrik klas III

Kejadian-kejadian seperti tersebut diatas sangat mungkin bisa terjadi di PRSG-BATAN apabila kita mengulang kesalahan-kesalahan serupa yang telah dilakukan para pelaksana reaktor yang tertimpa musibah tersebut. Memang reaktor kita RSG-GA. Siwabessy telah dilengkapi dengan berbagai ragam keselamatan, namun secanggih apapun suatu sistem tentu terdapat satu, dua atau lebih kelemahan-kelemahan, terutama kelemahan yang ada pada faktor manusianya.

Dalam makalah ini akan dijelaskan bagaimana suatu kejadian/kecelakaan pada reaktor riset itu terjadi, apa penyebabnya, bagaimana cara mengatasinya dan petikan pelajaran apa yang bisa kita peroleh dari kejadian tersebut.

Dengan memahami dan mempelajari kejadian/kecelakaan tersebut, diharapkan budaya keselamatan yang selama ini sudah tertanam pada para pelaksana reaktor GA. Siwabessy bisa lebih meningkat lagi, sehingga target operasi reaktor yang dibebankan pada PRSG-BATAN bisa tercapai dengan sukses dan selamat.

II. Pengalaman kejadian /kecelakaan pada beberapa reaktor riset

II. 1. Bahan bakar Korosi akibat kualitas air pendingin tidak memenuhi persyaratan.

Judul: Bahan bakar Korosi akibat kualitas air pendingin tidak memenuhi persyaratan.	
Negara : Republik Korea	Tanggal Kejadian : 08-03-1977
	No. Tindakan :
Nama Reaktor Riset: KRR2	Daya : 2 MW
Code Reaktor Riset : KR 0002	Disainer : General Atomics
Type Reaktor Riset : Triga Mark III	Mulai operasi : 10-05-1972

Kualitas air pendingin reaktor tidak memenuhi persyaratan akibat kebocoran pada penukar panas (HE). Operator terlambat melakukan tindakan karena mengutamakan target produksi dan eksperimen-eksperimen penting. Tidak dipenuhinya persyaratan air pendingin menyebabkan terkorosinya kelongsong bahan bakar yang terbuat dari "Stainless Steel". Reaktor harus dimatikan lebih dari 2 tahun dan sebagian besar batang bahan bakar harus diganti dengan yang baru. Paparan radiasi yang diterima pekerja dan lingkungan setempat tidak menunjukkan tanda kenaikan yang berarti.

II.1.1. Deskripsi Kejadian

Sejak Mei 1976 operator menemukan konduktivitas air kolam reaktor turun dan pada awal Desember 1976 sudah mencapai kondisi yang sangat jelek. Mereka mengetahui kenaikan konduktivitas ini berasal dari kebocoran alat penukar panas, tetapi reaktor tetap dioperasikan untuk memenuhi permintaan para pengguna reaktor. Pertimbangannya, bahwa kelongsong "stainless steel" tetap tahan terhadap kualitas air tersebut, untuk beberapa waktu sampai dilakukan inspeksi tahunan berikutnya dimana akan dilakukan perbaikan pada alat penukar panas.

Sekitar jam 19.00 pada 08 Maret 1977 pada saat reaktor beroperasi 1 MW, level radiasi pada dek reaktor naik drastis mencapai 20 mR/jam (10 x kondisi normal). Level radiasi pada air pendingin mencapai 0,11 $\mu\text{Ci/cc}$ melebihi batas spesifikasi teknik yang berlaku (0,1 $\mu\text{Ci/cc}$). Produk fisi terdeteksi pada sampel air pendingin dan sampel udara pada reaktor hall.

Setelah dipastikan bahwa alat penukar panas bocor, semua pipa "stainless steel" pada penukar panas dilepas dan diganti dengan yang baru. Air kolam reaktor harus dipurifikasi dengan sistem purifikasi tambahan agar air kolam dapat segera kembali normal.

Semua batang bahan bakar didalam teras diuji dan ditemukan 33 dari 114 batang bahan bakar bocor. Selain itu pada setiap permukaan kelongsong dicuci di hot cell dengan menggunakan peralatan kimia. Meskipun demikian sebagian besar batang bahan bakar tidak dapat digunakan lagi karena integritas ketidak bocorannya belum bisa ditentukan.

[14] Teras dibangun lagi dengan elemen batang bahan bakar baru dan reaktor mulai beroperasi lagi sejak bulan Mei 1979. Catatan paparan radiasi sejak kecelakaan sampai dengan selesai penanganannya tahun 1976 s/d 1997 pada para pekerja tidak ditemukan kenaikan yang berarti, demikian pula level radiasi lingkungan sekitar kejadian.

II.1.2. Investigasi Kejadian

Lama sebelum kejadian, operator mengetahui bahwa air kolam mengalami penurunan kualitas, dan penyebabnya adalah karena kebocoran pada alat penukar panas. Meskipun demikian karena untuk memenuhi target produksi radioisotop dan eksperimen-eksperimen lain, faktor keselamatan terabaikan yaitu kualitas air pendingin tidak diperhatikan dengan serius.

II.1.3. Penyebab kejadian

Kejadian ini disebabkan karena kurangnya penghayatan budaya keselamatan dan pelanggaran terhadap spesifikasi teknik yang berlaku. Harga batas konduktivitas air kolam (2 $\mu\text{mho/cm}$) telah dilanggar antara Desember 1976 sampai dengan Februari 1977.

II.1.4. Petikan Pelajaran

- a. Tindakan penting untuk menghindari degradasi sistem-sistem penting reaktor adalah batasan keselamatan tidak boleh diabaikan hanya karena untuk memenuhi kebutuhan pengguna reaktor. Dalam kasus kelalaian ini reaktor tidak bisa beroperasi lebih dari 2 tahun dan hampir semua batang bahan bakar diganti dengan yang baru, hanya karena sebelumnya mengabaikan penurunan kualitas air pendingin.
- b. Batas-batas spesifikasi teknik harus selalu dipatuhi untuk berbagai situasi apapun.

II.2. Penyinaran lebih akibat kesalahan penanganan kontainer-transport kapsul iradiasi

Judul: Penyinaran lebih akibat kesalahan penanganan kontainer-transport kapsul iradiasi	
Negara : Belgia	Tanggal Kejadian : 01-10-1990 Tindakan : Ya
Nama Reaktor Riset : BR2	Daya : 100 MW
Code Reaktor Riset : BE 0002	Disainer : NDA
Type Reaktor Riset : MTR	Mulai operasi : 1961

Pada 01 Oktober 1990 para operator Pusat Riset Nuklir Mol, Belgia memasukkan kapsul Uranium yang telah diiradiasi ke dalam kontainer-transport. Pada suatu saat selama loading

sumbat perisai kontainer terangkat. Dosis radiasi yang diterima oleh seorang operator pada pengukuran pertama sebesar 150 mSv pada dada dan 430 mSv pada pergelangan tangan, namun pada test dan perhitungan berikutnya dosis yang diterima sebetulnya jauh lebih rendah.

II.2.1. Deskripsi Kejadian

Kapsul-kapsul uranium seberat ± 4 gram dengan pengkayaan tinggi secara rutin diiradiasi di reaktor BR2 untuk produksi isotop medik. Kapsul-kapsul yang telah diiradiasi diluruhkan selama 12 jam di kolam reaktor dan kemudian dimasukkan kedalam kontainer-transport khusus (AGNES). Kontainer dimasukkan kedalam air dan digantung pada crane. Pada saat yang sama crane lain digunakan untuk mengangkat sumbat-penutup seberat 30 Kg. Loading kapsul-kapsul uranium ini mengacu pada prosedur tertulis yang telah digunakan sebanyak 500 kali sebelum kecelakaan.

Pada hari Senin tanggal 01 Oktober 1960, 2 kontainer telah dimasukkan kedalam air. Pekerjaan ini dilakukan oleh 1 group kerja yang terdiri dari 4 personil (termasuk 1 orang supervisor shift) dan 1 orang teknisi proteksi radiasi.

Setelah selesai kerja pada tengah hari, teknisi proteksi radiasi dosimeter para pekerja (type stylo). Satu dari dosimeter stylo ini menunjuk "over scale" (lebih dari 2mSV). Sesuai prosedur dosimeter personal dibawa ke unit "dosimetry service" untuk pembacaan yang lebih teliti. Dosimeter-dosimeter ini adalah type "thermoluminescent". Operator mengenakannya satu pada dada dan satu lagi pada pergelangan tangan. Unit "dosimetry service" melaporkan pembacaan yang sangat tinggi yaitu 250 mSv pada dada dan 430 mSv pada pergelangan tangan. Hal ini kemudian dilaporkan ke kepala bidang fisika kesehatan dan kemudian dimulai investigasi.

II.2.2. Investigasi Kejadian

Dari investigasi ditemukan bahwa selama loading kontainer pertama sumbat-perisai secara tak sengaja terangkat ketika kontainer masih berada diatas air. Monitor radiasi ruangan memberikan alarm, para operator melompat berlindung kebelakang dinding beton kolam dan teknisi proteksi radiasi melakukan pengukuran level radiasi. Kemudian kontainer dimasukkan lagi kedalam air dan posisi sumbat dibetulkan. Para operator melanjutkan pekerjaannya tanpa melaporkan kejadian ini.

Perhitungan dan monitor biologi menunjukkan bahwa dosis radiasi yang diterima para operator jauh lebih rendah dari yang terukur sebelumnya.

Kecelakaan ini dianalisa menggunakan “Management Over Sight and Risk Tree” (MORT), yang dikembangkan oleh “Aerojet-Nuclear” di Amerika Serikat.

Beberapa pertanyaan yang harus diperhatikan adalah:

- a. Bagaimana kecelakaan timbul
- b. Mengapa para pekerja melanjutkan pekerjaan tanpa laporan
- c. Apa sebab pembacaan tinggi pada dosimeter para operator
- d. Mengapa ditemukan air pada dosimeter.

Kontainer mempunyai 2 pin untuk mengunci sumbat perisai pada posisinya. Karena kurangnya perawatan maka pin-pin tersebut didalam air susah digerakkan dengan alat handling panjang yang telah tersedia. Karena kesulitan menggerakkan pin pengaman dengan alat handling panjang dengan kontainer masih berada didalam air, operator mengangkat kontainer keluar dari air untuk mengunci pin tersebut dengan tangan. Yang menjadi pertanyaan adalah, mengapa kontainer dibawa keluar dari air dengan sumbat tidak terkunci.

Bekerja dengan 2 crane secara bersamaan memang menyebabkan lebih mudah sumbat-perisai secara tak sengaja terangkat dari posisinya.

II.2.3. Penyebab Kejadian dan Tindakan perbaikan

Penyebab kejadiannya adalah :

- Kesalahan prosedur, penggunaan crane bersama-sama
- Tidak menghayati pada prosedur tertulis

Tindakan perbaikan adalah mengganti cara pengangkatan sedemikian rupa sehingga hanya 1 crane yang digunakan.

II.2.4. Petikan Pelajaran

Prosedur harus ditinjau ulang dan dicek untuk mengantisipasi kemungkinan teradinya situasi yang membahayakan.

II.3. Kebocoran Kontainer Xenon

Judul: Kebocoran Kapsul iradiasi Xenon di Teras Reaktor EWA	
Negara : Polandia	Tanggal Kejadian : 02-12-1991
	Tindakan : No
Nama Reaktor Riset : EWA	Daya : 10 MW
Code Reaktor Riset : PL- 0001	Disainer : USSR
Type Reaktor Riset : WWRS-M	Mulai operasi : 1958

Karena kesalahan penanganan kontainer Xenon bertekanan, tekanan selama reaktor beroperasi terlalu tinggi sehingga menyebabkan kontainer bocor, melepaskan Xenon teriradiasi dan Iodine ke lingkungan. Total aktivitas I-125 yang terlepas ke lingkungan (termasuk peluruhan pelepasan Xe-125) adalah 5×10^6 Bq. Ini sebanding dengan paparan ekuivalen individu udara kawasan sebesar 0,014 μ Sv (1,4 μ Rem). Dosis yang diterima para operator dibawah dosis ambang (0,02 mSV).

II.3.1. Deskripsi Kejadian

Iradiasi Xenon dengan neutron adalah teknologi dasar dari produksi I-125 untuk tujuan pelayanan medik. Hal ini telah dilakukan di reaktor riset EWA Polandia selama lebih dari 20 tahun

Kontainer-kontainer bertekanan untuk iradiasi Xenon sebelum digunakan dilakukan test tekanan kemudian dicuci dengan alkohol kemudian diisi dengan Xenon alam dengan kemurnian 99,999% dan pada dinding kontainer didinginkan dengan nitrogen cair. Kontainer yang telah terisi ditutup dengan menyekrupkan plug/sumbat dengan kekuatan momen tertentu. Kemudian dilakukan pengecekan kebocoran dengan test gelembung dalam alkohol. Masa Xenon didalam kontainer ditentukan oleh beratnya.

Pada 2 Desember 1991 hari Senin jam 08.00, petugas proteksi radiasi menemukan tanda-tanda kenaikan radioaktiv gas pada cerobong reaktor EWA. Reaktor telah dipadamkan sejak 29 November untuk akhir pekan.

Kontrol dari sistem pengukuran melengkapi data bahwa unit pengukur memberikan pembacaan yang benar. Unit pengukur yang digunakan adalah:

- * PP-39- kamar ionisasi dengan ionisasi langsung
- * PP-40- kamar flow dengan 3 GM counter
- * PP-38- Kamar flow dengan detektor NaI

Disini telah ditemukan bahwa pembacaan detektor NaI naik tinggi, namun lebih rendah dari meter PP-39, yang memberi indikasi bahwa sumber radiasi adalah isotop-isotop dari energi radiasi rendah. Pengecekan radioaktiv gas dilakukan diatas reaktor dan di daerah penyimpanan bahan bakar bekas. Tidak ditemukan radioaktiv gas diatas back-ground dan memberikan indikasi bahwa tidak ada kerusakan elemen bahan bakar.

Kontrol radioaktivitas gas di hot cell menunjukkan level tinggi yang berasal dari kontaminasi udara pada hot cell nomor 3 (sel ekspedisi). Semua pengukuran dilakukan jarak jauh menggunakan sistem dosimetri stasioner, tanpa kebocoran udara hot cell. Pada hot cell nomor 3 terdapat filter carbon khusus, dengan efisiensi 99,99% untuk Iodine.

Pagi itu ada 19 kontainer Xenon teriradiasi di dalam hot cell nomor 3. Menggunakan alat deteksi kontaminasi khusus yang dipasang permanen pada hot cell nomor 3, kontainer yang rusak bisa ditemukan.

Untuk menghindari terlepasnya radiasi lebih luas, sebuah kontainer dengan resin epoxy cair dimasukkan kedalam hot cell nomor 3, dan kontainer yang rusak dimasukkan kedalamnya. Kemudian resin dipadatkan. Setelah beberapa jam pancaran aktivitas hot cell turun mendekati nol. Kontainer dengan resin dibiarkan berada di dalam hot cell selama 4 bulan atau sampai aktivitas gas didalam kontainer benar-benar meluruh. Hasil pengecekan kontaminasi permukaan bagian dalam hot cell dan bagian luar kontainer tidak menunjukkan adanya kenaikan aktivitas yang berarti. Meskipun demikian sebelum pekerjaan rutin dimulai hot cell dan semua kontainer yang ada di dalamnya dilakukan dekontaminasi jarak jauh.

Semua aktivitas penanganan ini diarahkan oleh kepala bidang operasi reaktor yang bekerja sama dengan kepala bidang keselamatan kerja.

II 3.2. Investigasi Kejadian

Radioaktivitas yang terkandung dalam kontainer rusak telah diidentifikasi sebagai berikut:

Nuklida	Aktivitas 10^{10} Bq	Aktivitas mCi	Bagian %
Xe 133	53,2	14 400	48,8
Xe 125	24,9	6700	22,7
Xe 133 m	8,21	2200	7,4
Xe 129	6,23	1700	5,8
Xe 131	3,76	1000	3,4
I 125	13,2	3500	11,9

Secara garis besar terlepasnya aktivitas radiasi melalui cerobong setelah 10 jam adalah $1,3 \times 10^{11}$ Bq (3,55 Ci) dari Xenon dan $3,4 \times 10^5$ Bq (9,2 μ Ci) dari I-125. Aktivitas I-125 yang diproduksi selama perpindahan udara dari cerobong ke daerah eksklusif (jarak 1 km, cuaca katagori D, kecepatan angin 1m/detik, waktu perpindahan = 17 menit) akibat peluruhan Xenon telah dievaluasi sebesar $4,6 \times 10^6$ Bq (130 μ Ci). Sehingga aktivitas total I-125 dari sumber bahaya sampai ke group populasi kritis adalah 5×10^6 Bq (140 μ Ci).

Harga ini setara dengan dosis ekivalen efektif sebesar 0,014 μ Sv (1.4 mR), yang mana bila dibandingkan dengan batasan dosis group kritis adalah 10^5 kali lebih rendah. Para operator tidak menerima dosis diatas batas ambang (0,02 mSV), dan juga tidak ada Iodine yang terisap. Hal ini disebabkan kebiasaan mereka dalam hal menerapkan budaya keselamatan dalam penanganan hot cell.

II 3.3. Penyebab kejadian dan Tindakan perbaikan

Kontainer iradiasi didesain untuk tekanan Xenon 50 bar dan di test sampai 95 bar. Untuk volume kontainer 45 cm^3 massa Xenon dalam kondisi iradiasi sebesar 13 gram memberikan tekanan sebesar 50 bar. Mengapa terjadi kebocoran pada kenyataannya kontainer telah diisi sebanyak 21 gram, yang akan memberikan tekanan sebesar 80 bar. Tekanan ini tidak menyebabkan kontainer rusak, tetapi ia akan merusak elemen seal kontainer.

Untuk menghindarkan kasus yang sama pada iradiasi berikutnya, telah diputuskan sebagai berikut:

- Pemasok material iradiasi akan diverifikasi dan beri penjelasan tentang teknologi kontainer dengan isian Xenon.
- Teknologi penyiapan kontainer dan pengisian akan dilengkapi dengan sistem jaminan kualitas yang meliputi desain kontainer, produksi, pengisian dan pengetesan.

- Semua perubahan teknik pengujian didokumentasikan dan disahkan oleh team keselamatan reaktor.

II.3.4. Petikan pelajaran

Batasan jumlah material iradiasi harus diperhatikan. Program jaminan kualitas harus meliputi semua kontainer dan sampel yang dimasukkan kedalam reaktor.

II.4. Kehilangan catu daya listrik klas III

Judul: Kehilangan catu daya listrik klas III	
Negara : India	Tanggal Kejadian : 17-08-1989
	No. Tindakan :
Nama Reaktor Riset : DHRUVA	Daya : 100 MW
Code Reaktor Riset : IN-5	Disainer : CEA
Type Reaktor Riset : Air berat	Mulai operasi : 1985

Catu daya listrik luar fasilitas terputus dan reaktor trip karena kehilangan catu daya listrik klas IV. Ketiga disel generator bekerja dan masing-masing memikul beban terpasang. DG1 dan DG2 tiba-tiba mati yang disebabkan oleh tekanan oli pelumas turun (DG1), dan temperatur air pendingin tinggi (DG2), dan tidak dapat dihidupkan lagi. Untuk mengamankan operasi DG3 staff operasi mengambil tindakan ekstrim. Tie-breaker dari DG1 dan DG2 tidak ditutup untuk menghindari gangguan-gangguan operasi DG3. Semua beban klas III dihubungkan dengan DG3. Setelah 2 jam catu daya klas IV bisa beroperasi dan semua sistem dinormalkan kembali. Perawatan telah dilakukan pada semua disel generator dan test operasi dengan beban dilakukan dalam waktu lama sampai semua parameter operasi stabil.

II.4.1. Deskripsi Kejadian

Dhruva adalah reaktor dengan pendinginan moderator air berat, menggunakan metal uranium alam sebagai bahan bakar yang disusun vertikal.

Dalam kondisi reaktor padam, pompa pendingin bantu ACPs (yang tersambung paralel dengan pompa pendingin utama MCPs) dioperasikan. Ia terdiri dari 3 unit pendingin, dimana 2 pompa pendingin bantu beroperasi dan pompa ketiga sebagai cadangan.

Reaktor dioperasikan pada 60% daya penuh, catu daya listrik klas IV gagal, menyebabkan reaktor trip. Pompa pendingin utama dan pompa-pompa air proses mati. Semua 3 pompa bantu ACPs beroperasi dengan masing-masing digerakkan turbin 1, turbin2 dan motor 3. Semua 3 generator disel beroperasi otomatis dan telah memikul beban masing-masing.

Instrumen flow sisi tekan pompa bantu ACP-3 di ruang kontrol terbaca nol, namun indikator lain menunjukkan check-valve terbuka dan motor & pompa "on" yang diamati dari lampu indikator. Instrumen flow kemudian di check oleh petugas shift instrumen. Penggerak ACP-2 diganti dengan motor dan hanya ACP-1 tetap beroperasi dengan turbin untuk konservasi air "Over Head Storage Tank" (OHST). ACP-3 masih tetap beroperasi pada motor.

DG-1 mati karena tekanan oli pelumas rendah setelah 30 menit beroperasi. Tie-breakers antara busbar DG-1 dan DG-2 menutup otomatis sesuai yang diharapkan. Segera setelah itu DG-2 juga mati karena temperatur tinggi pada selubung air pendingin dan tekanan rendah pada oli pelumas. DG-3 tetap beroperasi pada beban terpasang. Dg-2 dicoba dioperasikan lagi tetapi tekanan oli tetap rendah, meskipun dicoba dioperasikan dengan pompa-motor maupun dengan pompa-tangan. Ketika mencoba mengoperasikan DG-1, kebocoran oli terlihat pada sambungan flens sisi tekan pada shaft penggerak pompa oli pelumas. Catu daya listrik pada motor pompa penggerak DG-set segera dimatikan.

Untuk menjaga kelangsungan operasi DG-3, telah diputuskan untuk tidak menutup "Tie-breakers" tetapi segera menghubungkan beban klas III ke DG-3. Akibatnya kompresor udara utama mati. Aliran udara dingin ke batang-batang pemadam diturunkan dan segera dihentikan untuk sedapat mungkin mempertahankan pasokan udara untuk instrumen pneumatik. Botol udara pemasok udara untuk kontrol-valve kontrol-valve jalur out-let turbin pada pompa bantu diisolasi dari jalur kompresor udara utama untuk menghindari turunnya tekanan udara dengan cepat.

Pompa-pompa pengisi tangki penyimpanan air darurat (EWST) yang disambung dari busbar listrik DG-1 dan DG-2 juga dibiarkan mati. Pada saat DG-1 dan DG-2 mati, level air EWST masih mencapai lebih dari 80 %, maka dari itu diperkirakan masih punya cukup waktu

sebelum mengoperasikan 1 dari 2 pompa setelah tie-breakers ditutup bila catu daya antara DGi-2 dan DG3 kembali normal.

Meskipun demikian untuk tindakan pengamanan telah dipanggil team pemadam kebakaran BARC untuk mempersiapkan memompa air dari tangki air bawah tanah ke EWST.

Setelah 2 jam catu daya listrik klas IV selesai diperbaiki. Pada waktu ini tekanan udara pada semua instrumen pneumatic menunjuk nol. Sistem ventilasi gedung reaktor telah mati beberapa saat setelah DG-1 dan DG-2 trip. Setelah perbaikan catu daya listrik klas IV selesai semua sistem proses dinormalkan kembali. Level air EWST menunjuk 69% ketika sistem supley udara tekan bekerja.

II.4.2 Investigasi Kejadian

Penyebab trip DG-1 adalah kebocoran oli yang cukup deras pada sambungan flens sisi tekan pompa oli pelumas, dan DG-2 trip akibat temperatur tinggi pada selubung air pendingin dan tekan rendah pada oli pelumas.

II.4.3 Penyebab kejadian dan tindakan perbaikan

Hanya test tanpa beban yang dilakukan secara rutin. DG-1 dan DG-2 trip selama operasi dengan beban dalam waktu yang lama.

Tindakan perbaikan yang diambil:

- a. Dg-1 dan DG-2 diservis untuk memperbaiki kerusakan-kerusakan selama terjadi gangguan. Semua DG-set diuji fungsi selama 2 jam (atau lebih sampai temperatur selubung air pendingin sabil) sebelum operasi reaktor.
- b. Melengkapi instrumen elektronik pada EWST dan indikator level tangki bawah tanah agar bisa di monitor dari ruang kontrol utama, meskipun sistem udara tekan gagal.
- c. Instrumen flow ACP-3 diperbaiki dan flow tersebut bisa di monitor dari ruang kontrol utama

II.4.4 Petikan Pelajaran

Selama uji fungsi rutin, DG-set harus dioperasikan dengan beban pada waktu yang cukup, untuk mengecek parameter-parameter operasi. Selama maintenance semua komponen dan instrumen harus selalu di check

III. Pembahasan

III.1. Bahan bakar korosi akibat kualitas air pendingin tidak memenuhi persyaratan.

Kejadian ini tipis kemungkinannya terjadi di Reaktor GA. Siwabessy. Peningkatan konduktivitas air kolam reaktor yang disebabkan oleh kebocoran HE tidak mungkin terjadi di PRSG karena tekanan sisi pendingin primer lebih tinggi dibanding pada sisi pendingin sekunder. Bila terjadi kebocoran HE justru air sistem primer yang mengalir ke sistem sekunder. Terlepasnya radiasi ke air pendingin sekunder diantisipasi dengan memasang kontrol radiasi pada jalur sekunder ke arah menara pendingin, yang akan memerintahkan katup isolasi HE menutup secara otomatis bila kontrol radiasi tersebut mendeteksi adanya radiasi yang melebihi harga batasnya.

Meskipun demikian penurunan kualitas air kolam reaktor bisa pula terjadi melalui:

- Sistem purifikasi yang tidak bekerja baik
- Balai operasi terlalu kotor/banyak debu
- Pada saat terjadi kebocoran HE, Sistem sekunder dioperasikan lebih dulu dibanding sistem primer, atau sistem sekunder dioperasikan tanpa menjalankan sistem primer

Dari hal tersebut diatas perlu dilakukan tindakan pencegahan agar kejadian tersebut bisa dihindari yaitu dengan menjaga keandalan operasi sistem purifikasi, menjaga kebersihan balai operasi, melakukan pengecekan kualitas air kolam reaktor secara rutin dan membuat batasan/peraturan pengoperasian sistem dengan baik.

III.2. Penyinaran lebih akibat kesalahan penanganan kontainer-transport kapsul iradiasi

Kejadian ini tidak akan terjadi di PRSG-BATAN karena sistem transport kapsul iradiasi dilakukan melalui hot cell atau transfer channel. Namun untuk pekerjaan lain seperti penggantian filter mixed-bed PRTF, penanganan unit radiografi, dan penanganan beberapa komponen reaktor lainnya tidak tertutup kemungkinan kejadian seperti di reaktor MOL Belgia ini terjadi disini.

Untuk menghindari kejadian tersebut terjadi di PRSG perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- Prosedur yang digunakan secara berkala harus dilakukan kaji ulang untuk mengetahui apakah suatu prosedur masih cukup “valid” untuk digunakan, terutama bila sistem yang bersangkutan telah mengalami perubahan.
- Semua pelaksana harus selalu mengacu dan menghayati pada prosedur tertulis bila melakukan suatu pekerjaan yang berhubungan dengan reaktor.

III.3. Kebocoran kontainer Xenon

Produksi I-125 yang berasal dari iradiasi Xenon dengan neutron sudah mulai dilakukan di PRSG yaitu dengan menggunakan fasilitas beam-tube S-1. Meskipun teknik iradiasi Xenon ini tidak sama dengan yang dilakukan di reaktor EWA, Polandia, pengalaman kejadian di reaktor tersebut bisa dijadikan panduan agar kejadian serupa tidak terjadi di PRSG-BATAN.

Pengisian Xenon ke kontainer yang melebihi kapasitasnya adalah penyebab terjadinya kasus ini. Hal tersebut terjadi karena kurangnya kontrol dari team keselamatan reaktor dan team jaminan kualitas. Untuk menghindari hal ini terjadi di PRSG, peran aktif team-team yang telah dibentuk di PRSG yaitu team keselamatan reaktor dan team jaminan kualitas harus lebih ditingkatkan lagi. Demikian pula para pelaksana iradiasi harus selalu mengacu dan menghayati pada prosedur yang berlaku.

III.4. Kehilangan catu daya listrik klas III

Kehilangan catu daya listrik dari luar fasilitas sudah merupakan hal yang biasa terjadi di PRSG, namun kegagalan emergensi disel beroperasi ketika catu daya listrik luar terputus jarang terjadi di PRSG. Hal ini disebabkan karena program perawatan yang kita lakukan selama ini sudah ada pada jalur yang benar.

Peristiwa yang terjadi di reaktor DHRUVA India adalah akibat kurang baiknya program perawatan gen-set yang mereka punyai. Hanya program test tanpa beban yang mereka lakukan secara rutin, itupun dilakukan dalam waktu yang singkat sehingga mereka tidak mengetahui bahwa ada alat/komponen yang bekerja kurang sempurna. Maka pada saat dibutuhkan beberapa gen-set tidak bisa bekerja dan menyebabkan terjadinya kasus ini.

Meskipun demikian kita tidak boleh terlalu berbesar hati, walaupun selama ini emergensi-disel kita bisa bekerja baik, saat ini sudah ada beberapa parameter yang sudah mulai mengacau penunjukannya. Untuk ini kecekatan petugas perawatan sangat diperlukan,

sebelum parameter lain ikut rusak dan menyebabkan terjadinya kasus seperti reaktor DHRUVA India.

IV. Kesimpulan

Dari pengalaman beberapa reaktor riset seperti diuraikan diatas, penyebab utama kejadian/kecelakaan adalah sebagai berikut:

- Kurangnya budaya keselamatan pada para penanggung jawab dan pelaksana program nuklir
- Pelanggaran terhadap batasan keselamatan dan spesifikasi teknik yang berlaku karena mementingkan produksi dan eksperimen.
- Kurang dalam kontrol radiologi
- Kurang dalam program perawatan sistem
- Adanya prosedur/juklak yang kurang akurat
- Operator/pelaksana kurang menghayati pada prosedur yang berlaku
- Pelanggaran pada jumlah target iradiasi yang dimasukkan dalam kontainer iradiasi
- Belum diterapkannya sistem jaminan kualitas dengan baik.

Untuk menghindari kejadian/kecelakaan serupa terjadi pada RSG GAS diperlukan usaha antisipasi penyebab kecelakaan sebagai berikut:

- Meningkatkan budaya keselamatan pada para pelaksana program nuklir dengan diberikan penyuluhan dan latihan secara teratur
- Mentaati semua batasan keselamatan / spesifikasi teknik yang berlaku dalam berbagai situasi apapun
- Meningkatkan kontrol radiologi, klasifikasi daerah radiasi harus diberi tanda dengan jelas, demikian pula keandalan alat-alat ukur harus selalu di kontrol secara berkala.
- Program perawatan yang telah tersusun baik harus benar-benar dilaksanakan dan harus tepat waktu
- Perlu dilakukan evaluasi prosedur/juklak secara berkala untuk melengkapi dan menyesuaikan bila terdapat kekurangan/perubahan.
- Semua tindakan penanganan harus selalu mengacu dan menghayati pada prosedur yang berlaku.

- Penerapan program jaminan kualitas harus lebih ditingkatkan untuk semua kegiatan yang berhubungan dengan program nuklir.

Daftar Pustaka

1. IAEA "Experience with Research Reactor Incidents" tahun 1995
2. SAR. MPR-30. GA. Siwabessy. Revisi 7 tahun 1989.

Diskusi

1. Pustandyo W., BEMR-PRSG

Pertanyaan :

Dengan kejadian korosi yang berakibat bocornya kelongsong bahan bakar, apakah juga ditinjau perawatan apa saja yang dilakukan terhadap HE dan air pendingin primer ?

Jawaban :

Dalam makalah ini tidak dibahas masalah teknis perawatan HE dan air pendingin primer. Yang ditonjolkan dalam makalah ini adalah masalah terabaikannya batasan keselamatan/spek-tek yang berlaku karena hanya untuk memenuhi target produksi.

Masalah perawatan HE dan air pendingin primer, dilain kesempatan nanti kita bahas bersama-sama.

2. Syafrul, BEMR-PRSG

Pertanyaan :

- a. Kemungkinan anggota Jaminan Kualitas dalam pelaksanaan operasi di RSG-GAS ?
- b. Saran : Agar ditingkatkan rasa tanggung jawab dan kesadaran personil agar tidak terjadi kesalahan prosedur dalam pengoperasian, sehingga faktor keselamatan dapat terjamin ?

Jawaban :

- a. Mungkin saja, terutama pada masalah persyaratan/prosedur operasi
- b. Terima kasih atas sarannya.

3. Th. Rina, BKK-PRSG

Pertanyaan :

Dari kesimpulan pada makalah yang bapak sajikan, disebutkan beberapa hal penyebab dari kecelakaan yang bisa saja terjadi di RSG dan juga sudah disebutkan langkah-langkah yang harus (sebaiknya) RSG lakukan. Sejauh mana langkah-langkah tersebut telah kita lakukan ?

Jawaban :

- Adanya training/program-program pelatihan terutama yang menyangkut keselamatan
- Diterbitkannya prosedur-prosedur pada setiap kegiatan tentang nuklir
- Adanya program perawatan yang tersusun baik, meskipun belum semuanya berjalan baik
- Adanya pembagian daerah kontrol radiologi meskipun belum sempurna
- dan lain-lain.

4. P. Made Udiyani

Pertanyaan :

Bagaimana dengan masalah kualitas air selain konduktivitas seperti pH air, kesadahan yang akan mempengaruhi faktor-faktor penimbul korosi di RSG ?

Jawaban :

Dalam makalah ini yang dimaksud dengan penurunan/tidak dipenuhinya persyaratan air pendingin disamping konduktivitas tentu juga termasuk kondisi pH, kesadahan dll, penyebab korosi. Untuk PRSG disamping sistem purifikasi dioperasikan terus menerus secara periodik air pendingin diambil sampelnya untuk dianalisa sebagai dasar untuk perawatan.