

PEMANTAUAN LINGKUNGAN SEKITAR REAKTOR SERPONG

Rustan Rukmantara

KBK Pengetahuan Nuklir, Jurusan Fisika ITB dan
UPT PPIN Batan

ABSTRAK

PEMANTAUAN LINGKUNGAN SEKITAR REAKTOR SERPONG. Keadaan alamiah khususnya kadar radioaktif dan logam berat di lingkungan sekitar Reaktor Serpong perlu diketahui sebelum reaktor beroperasi. Hal ini menjadi pegangan atau dasar apakah terjadi pencemaran lingkungan atau tidak selama nanti reaktor itu beroperasi. Dengan metodologi penentuan menurut Health Safety Laboratory, HASL (1982) dan Radiochemical Analytical Procedures for analysis of Environmental Samples (1980), keadaan alamiah yang didapat dalam daerah dengan jari-jari : 500 m dari lokasi Reaktor serba guna adalah disebabkan oleh radionuklida alamiah yang biasa terdapat dalam kerak bumi. Laju sinaran terletak dibawah nilai rata-rata maksimum menurut UNSCEAR 1972. Kadar logam berat dalam sumber-sumber air ditentukan dengan metode pengaktifan neutron dan Dithizon dan terdapat nilai dibawah 0,005 ppm.

ABSTRACT

ENVIRONMENTAL MONITORING AROUND REACTOR AT SERPONG. Natural background condition for radioactivity and heavy metal concentrations surrounding the reactor at Serpong have to be well recorded before the reactor is in operation. The recorded background can be used as reference for the future environmental monitoring after the reactor has been in operation. Determination is based on methodology by Health Safety Laboratory, HASL (1982), and Radiochemical Analytical Procedures for Analysis of Environmental Samples (1980), the natural background condition within 500 m radius from the location of the Reactor resulted due to natural radioactivity normally measured on the earth surface. Radiation rate was below average maximum according to UNSCEAR 1972. Heavy metal concentration in water resource was determined by neutron activation and Dithizon methods and the result value was below 0.005 ppm.

PENDAHULUAN

Sesuai dengan peraturan dan ketentuan yang berlaku, kegiatan yang melibatkan pemanfaatan bahan dan zat radioaktif harus dilakukan dengan cara yang aman dan terkendali. Setiap instalasi yang di dalamnya terdapat zat radioaktif harus dirancang sedemikian rupa hingga dampak radiologi bagi manusia dan lingkungan di sekitarnya menjadi serendah mungkin. Agar dapat membuktikan bahwa pencemaran radiologi yang berasal dari instalasi dari waktu ke waktu memang rendah, perlu lebih dulu diketahui keadaan awalnya.

Salah satu cara untuk mengetahui keadaan awal ialah dengan melaksanakan program pemantauan tingkat radiasi dan program pengukuran tingkat radioaktivitas lingkungan sebelum zat atau bahan radioaktif dilibatkan dalam kegiatan di instalasi yang bersangkutan.

Program pemantauan tingkat radiasi dan program pengukuran tingkat radioaktivitas lingkungan harus dilaksanakan di daerah yang dicakup oleh batas fisik lokasi instalasi (on-site) dan juga di daerah di luar batas fisik instalasi (off-site).

Penyelidikan radioaktivitas dan tingkat radiasi lingkungan yang dilaksanakan meliputi daerah yang berjari 500 meter dengan reaktor RSG-IP Serpong, FUSPIPIEK sebagai pusatnya. Daerah ini termasuk di dalam daerah fisik lokasi instalasi RSG-IP Serpong (on-site), yang pada umumnya merupakan daerah datar, dengan ketinggian hanya beberapa meter di atas permukaan laut.

Di kawasan RSG-IP, yang di dalamnya termasuk daerah penyelidikan terdapat atau akan terdapat selain reaktor RSG-IP juga instalasi produksi isotop, fabrikasi bahan dan elemen bakar reaktor penelitian maupun reaktor daya, pengolahan limbah radioaktif, Laboratorium Radionetalurgi dan sebagainya.

Untuk memperoleh harga rata-rata yang dianggap mewakili data awal radioaktivitas dan tingkat radiasi di daerah penyelidikan, ditentukan stasion pengambilan cuplikan/pemantauan pada jarak 250 dan 500 meter dari reaktor RSG, yang tersebar di 16 sektor, masing-masing 22,5 derajat, di sekeliling reaktor.

Masing-masing stasion diberi nomor dimulai dari Utara dan berputar searah dengan putaran jarum jam dengan demikian stasion adalah 250-1, 250-2 250-16 dan 500-1, 500-2 500-16, seluruhnya ada 32 stasion.

Disamping itu terdapat beberapa stasion khusus, yaitu di dekat penjernihan air minum FUSPIPIEK dan di beberapa sumur bor.

HIPOTESA

Setiap instalasi nuklir secara potensial merupakan sumber radiasi dan sumber pencemaran radioaktif bagi lingkungan di sekitarnya.

Penyinaran nuklir yang diterima oleh seseorang, mungkin saja berasal dari sumber radiasi alami, misalnya dari batu-batuan, makanan, sinar kosmik, bahan bangunan, debu udara, atau dari sumber hasil kegiatan manusia, misalnya dari instalasi nuklir, percobaan bom nuklir, pemanfaatan radiasi dalam kedokteran, industri dan lain sebagainya.

Di daerah penyelidikan ketika sumber-sumber kegiatan manusia itu belum ada penyinaran jelas hanya dari sumber alami.

Jatuhan yang berasal dari ledakan nuklir dewasa ini dapat diabaikan. Industri nuklir sedang dalam tahap pembangunan. Pemanfaatan radiasi radioisotop belum juga terdapat di daerah ini.

Dalam hal demikian, kemungkinan terbesar radioaktivitas berasal dari radionuklida alami yang terkandung dalam kerak bumi, atau bahan

yang berasal dari kerak bumi. Radionuklida dimaksud misalnya K-40 yang berumur paro $1,3 \times 10^9$ tahun, yang selain meluruh dengan memancarkan partikel beta dengan energi 1,2 Mev (85%) juga memancarkan radiasi gamma dengan energi 1,46 Mev.

Di samping K-40, radionuklida yang banyak terdapat di dalam kerak bumi ialah U-238, yang berumur paro $4,49 \times 10^9$ tahun, juga Th-232 yang berumur paro $1,39 \times 10^{10}$ tahun. Dua yang terakhir mempunyai nuklida turunan yang juga radioaktif, sehingga merupakan deretan isotop radioaktif yang di samping memancarkan partikel alpha atau beta juga memancarkan radiasi gamma, misalnya nuklida dalam deret U-238, yaitu Th-234; Pa-234; U-234; Th-230; Ra-226; Rn-222; Po-218; Pb-214; Bi-214; Po-214; Pb-210; Bi-210; Po-210; Pb-206, dan nuklida dalam deret Th-232, yaitu Ra-228; Ac-228; Pa-228; Ra-224; Rn-224; Po-216; Pb-212; Bi-212; Po-212; Bi-208 dan Pb-208.

Uranium 238 dan Th-232 keduanya mempunyai unsur turunan Radon (Rn-220 dan Rn-222) yang selanjutnya meluruh menjadi Thoron. Radon atau Thor ini adalah pemancar gamma, berbentuk gas mudah bergabung dengan debu di udara.

Sebagai keadaan dasar, maka dapat diduga bahwa radioaktivitas yang terkandung dalam contoh tanah, air ataupun debu udara akan didominasi oleh radionuklida anggota kedua deret di atas, dan radioaktivitas beta total akan lebih besar terhadap alpha. Hal ini karena kandungan K-40 (sumber beta) secara normal lebih tinggi dari U-238 dan Th-232 atau turunannya di samping radionuklida turunan dari kedua deret terakhir juga memberikan kontribusi pada radioaktivitas beta.

METODOLOGI

Tata Kerja

Cara-cara pengambilan pengolahan dan analisis contoh serta pengukuran laju dosis radiasi paparan umumnya dilakukan berdasarkan prosedur yang telah berlaku sesuai dengan yang disarankan oleh "Health and Safety Laboratory", HASL, dan "Radio chemical Analytical Procedures for Analysis of Environmental Samples".

Pengukuran Tingkat Radiasi

Pengukuran tingkat radiasi dilakukan setiap bulan dengan menggunakan bilik pengionan yang dilengkapi dengan kertas perekam yang dapat mencatat laju nilai sinarnya secara otomatis.

Pengukuran dilakukan selama 30 menit setiap kali.

Pengukuran Dosis Radiasi Total

Pengukuran dosis radiasi total dilakukan untuk selang waktu sebulan dengan menggunakan TLD-200 dalam bentuk chip. TLD dipasang di setiap stasion pemantauan. Badge untuk meletakkan TLD dibuat dari plexiglass hitam berukuran 1 mm yang terdiri dari 3 lapis, kemudian dibungkus dengan foil aluminium dan plastik. Pada setiap stasion diletakkan sebuah badge yang didalamnya terdapat 2 buah TLD-200. Setiap badge diberi nomor sesuai dengan nomor stasion.

Setiap kali TLD akan digunakan terlebih dulu dibersihkan dan dipanaskan (annealed) selama 1 jam pada suhu 400°C yang kemudian dilanjutkan pada suhu 80°C selama 18 jam.

Pembacaan TLD dilakukan secara langsung setelah dikeluarkan dari bungkusannya dengan termoluminescence detektor dan Automatic Integrating Picometer. Pengesetan alat baca sesuai dengan prosedur yang disarankan HARSHAW.

Penentuan Kandungan Logam Berat

Kandungan logam berat di dalam beberapa contoh ditentukan dengan cara analisis pengaktifan neutron dan juga dengan cara colorimetri (spektrofotometri) dengan metode Dithizon.

Sebelum dilakukan di laboratorium di lapangan dilaksanakan analisa pendahuluan dengan metoda yang sama untuk melihat apakah ada perubahan selama pengangkutan contoh dari lapangan ke laboratorium.

Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam kegiatan survai tersebut adalah sebagai berikut :

1. Untuk pengambilan contoh tanah dilakukan dengan soil sampler, sedangkan untuk air dengan water sampler. Contoh partikel debu udara diambil dengan air sampler RADECO, model-809 C dengan kecepatan penyedotan 75 liter per menit sedangkan untuk pengambilan yodium dalam udara kecepatan penyedotannya 125 liter per menit.
2. Untuk mengukur alpha dan beta total digunakan alat cacah latar belakang sangat rendah (low background counter alpha beta) system CAMBERRA, model-2200, dengan detektor proporsional dari campuran gas argon dan methan.
3. Identifikasi radionuklida pemancar gamma

dilakukan dengan menggunakan penganalisis saluran ganda dengan detektor hipure-Ge (multichannel analyzer), model 35 plus, dengan 4096 saluran.

4. Pengukuran kadar tritium (H-3) di dalam air dilakukan dengan "pencacah pendar cair" (liquid scintillation counter) Packard TRICAB, model-300 CD yang beroperasi pada suhu 10°C.
5. Pengukuran tingkat radiasi menggunakan bilik pengionan yang dilengkapi dengan kertas perekam yang dapat mencatat sendiri setiap waktu, dalam satuan uR/jam.
6. Pembacaan TLD dilakukan dengan "termoluminescence detektor" model-2000 C dan "automatic integrating picometer" model-2000 B, HARSHAW.
7. Pengukuran pH air dilakukan dengan alat "horiba water checker" model U-7.

Prosedur Kalibrasi

KCL murni dipakai sebagai standar untuk menentukan aktivitas beta total yang terkandung di dalam contoh tanah, sedimen dan air, sedangkan untuk contoh udara dipakai larutan standar strontium-90 (Sr-90) di dalam HCL. Persiapan standar dilakukan dengan mencampurkan contoh yang akan diukur aktivitasnya, kecuali persiapan standar untuk contoh udara cukup menggunakan standar strontium dengan konsentrasi tertentu diteteskan pada filter kertas yang dipakai untuk menangkap udara. Efisiensi pencacahan yang diperoleh sekitar 35% untuk contoh tanah sedimen dan pulp, 50% untuk contoh air dan 46% untuk contoh udara.

Dalam penentuan alpha total untuk contoh tanah, sedimen dan pulp dipakai standar bijih uranium (uranium ore standar yang mengandung 0,527% U-238, sedangkan untuk contoh air dan udara dipakai standar uranyl acetat dari Merck, dengan konsentrasi tertentu. Persiapan standar dilakukan dengan mencampurkan standar tersebut dalam contoh yang diukur aktivitasnya. Efisiensi pencacahan yang diperoleh sekitar 5% untuk contoh tanah, sedimen dan pulp, 7% untuk contoh air dan 2% untuk contoh udara.

Kalibrasi secara kualitatif spektrum gamma untuk mengidentifikasi gamma yang terkandung di dalam contoh dilakukan dengan menggunakan sumber standar multigamma Eu-152 dari IMRI.

Kalibrasi TLD-200 dapat dilakukan sebelum atau sesudah pemakaian di lapangan. Kalibrasi dilakukan secara individual. Penyinaran dilakukan dengan radiasi gamma dari sumber standar cesium-137 (Cs-137) pada laju nilai sinaran

terendah dari sumber tersebut (pada jarak 250 cm dari sumber, tanggal 22 Januari 1985 laju nilai sinarnya 100,5 mR/jam).

Untuk penelitian fading dilakukan penyinaran sekaligus terhadap 14 buah TLD dengan dosis sama. Pembacaan dilakukan setelah disimpan selama 3 hari, 7 hari, 14 hari, 32 hari, 53 hari, dan 66 hari.

Evaluasi TLD dilakukan setelah datang dari lapangan. TLD yang sudah datang dari lapangan segera dibaca untuk menentukan laju nilai sinaran pada lokasi disekitar stasiun pengamatan. Faktor kalibrasi setiap TLD dan fading serta faktor light source waktu kalibrasi dan waktu baca dimasukkan dalam perhitungan tersebut. Laju nilai sinaran pada radius tertentu ditentukan dari hasil rata-rata laju dosis pada setiap stasiun pengamatan pada radius tersebut.

Untuk menghitung konsentrasi radioaktivitas tritium di dalam contoh air, digunakan standar air yang mengandung tritium dari National Bureau of Standards, Department of Commerce, Washington DC (NBS), dengan pengenceran yang tepat dari standar yang menggunakan air bebas kontaminasi.

Aktivitas standar tritium yang diperoleh $3,22 \times 10^3$ dpm pada tanggal 3 Juli 1981.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Radioaktivitas Dalam Debu Udara

Contoh debu hanya diambil dari stasiun No. 250-1, 3,5, 7, 14 dan 500-1, 3, 5, 10 dan 12. Hal ini disebabkan oleh sulitnya letak stasiun untuk dapat dicapai dengan membawa generator / kendaraan untuk sumber daya penghisap debu. Pemilihan stasiun disertai dengan pertimbangan arah angin yang dominan.

Konsentrasi radioaktivitas alpha total semuanya menunjukkan di bawah limit pendeteksian, sedangkan untuk beta total sebagian menunjukkan di atas limit pendeteksian. Limit pendeteksian didefinisikan sebagai :

$$LP = (0,865/Et) \{ 1 + (1 + 2,08 B.t)^{1/2} \} \mu Ci$$

bila E = efisiensi pencacahan (%)

t = waktu cacah latar (menit)

B = laju cacah latar (cpm)

Dengan data yang di punyai, limit pendeteksian untuk alpha = 43,97 uBq/liter sedangkan untuk beta = 20,63 uBq/liter.

Dari hasil spektrometri gamma terlihat bahwa radionuklida yang terdapat di dalam debu udara ialah radionuklida turunan dari

radionuklida alami yang biasa terdapat dalam tanah, yaitu dari deret uranium dan thorium yang mempunyai nuklida turunan yang berwujud gas, di samping K-40 yang biasanya memang lebih banyak sehingga mengakibatkan konsentrasi beta lebih tinggi dibandingkan dengan alpha.

2. Radioaktivitas Dalam Fall-out.

Dari empat stasiun yang ditentukan dipilih lokasi dengan pertimbangan arah angin dominan.

Konsentrasi alpha mempunyai harga antara 0,02 - 0,12 Bq/g dengan rata-rata pada 0,06 Bq/g, sedangkan beta mempunyai harga antara 0,040 - 4,96 Bq/g dengan rata-rata pada 1,52 Bq/g.

Untuk yang tidak larut dalam air konsentrasi alpha mempunyai harga antara 0,09 - 0,022 Bq/g dengan rata-rata pada 0,12 Bq/g, dan untuk beta terletak antara 0,22 - 1,33 Bq/g dengan rata-rata pada 0,56 Bq/g.

3. Radioaktivitas Dalam Tanah

Radioaktivitas alpha total dalam tanah ternyata 0,117 Bq/g tanah kering dengan minimum-maximum antara 0,073 - 0,0206 Bq/g, sedang untuk beta mempunyai harga rata-rata 0,215 Bq/g dengan minimum-maximum antara 0,11 - 0,44 Bq/g.

Menurut UNSCEAR (6) konsentrasi rata-rata di dalam tanah untuk K-40 (beta adalah 0,37 Bq/g dengan daerah minimum-maximum antara 0,1 - 0,37 Bq/g, dan untuk alpha (Oleh U-238 dan Th-232) mempunyai harga rata-rata 0,05 Bq/g dengan daerah minimum-maksimum antara 0,017 - 0,1 Bq/g .

Spektrum gamma menunjukkan bahwa radionuklida yang terdapat dalam tanah memang seperti umumnya radionuklida yang biasa terdapat dalam tanah secara alami, yaitu K-40 dan radionuklida dalam deret uranium dan thorium.

4. Radioaktivitas Dalam Air dan Sedimen.

Seperti dalam contoh yang lain, melalui gambar spektrum energi radiasi gamma, terlihat bahwa radionuklida yang terkandung di dalam air, pada umumnya adalah radionuklida alami.

Sampai dengan saat penyelidikan tidak diketahui adanya instalasi atau kegiatan manusia yang dapat dianggap sebagai sumber pencemaran logam berat.

5. Laju Nilai Sinaran

Laju nilai sinaran di daerah penyelidikan diukur dengan dua cara, yaitu pertama dengan menggunakan dosimeter termoluminesensi (TLD) yang dipasang di setiap stasiun pemantauan untuk selang waktu satu bulan, dan kedua dengan menggunakan bilik penyinaran. Dengan alat ukur yang terakhir ini laju nilai sinaran diamati secara visual dan juga direkam pada kertas perekam untuk selang waktu 30 menit, setiap kali. Pengecekan dengan bilik penyinaran tidak dilakukan untuk setiap stasiun.

Dari data pengamatan terlihat bahwa laju dosis bervariasi antara 6,2 - 9 uR/jam, dan harga laju nilai sinaran sekitar 6 - 8 uR/jam. Apabila harga itu dibaca sebagai dosis serapan (Gy/jam), maka harganya menjadi $(6-8) \times 10^{-8}$ Gy/jam untuk bilik pencairan dan $(6,2 - 9) \times 10^{-8}$ Gy/jam untuk TLD. Secara global, untuk daerah rendah UNSCEAR (7) menetapkan harga rata-rata 5×10^{-8} Gy/jam.

KESIMPULAN

Dari data yang diperoleh, terutama data spektrum energi radiasi gamma, dan dengan anggapan bahwa sumber pencemaran dari industri nuklir maupun ledakan nuklir tidak ada, jelas dapat disimpulkan bahwa radioaktivitas yang ada, baik di udara air dan tanah semuanya disebabkan oleh radionuklida alami yang biasanya memang terdapat dalam kerak bumi, yaitu K-40 dan dari deret Uranium dan Thorium.

Kesimpulan ini berlaku untuk daerah yang diliput oleh daerah penyelidikan, yaitu hingga jarak 500 m dari RSG.

Untuk mengetahui variasi yang dapat timbul oleh pengaruh cuaca, terutama hujan dan gradient suhu vertikal, disarankan agar pemantauan dilanjutkan secepatnya sebelum sumber pencemaran potensial lokal menyebabkan keadaan berubah.

DAFTAR PUSTAKA

1. HARLEY, H. JOHN HASL Procedures Manual, HASL 300, Health and Safety Laboratory, U.S. Atomic Energy Commission, New York, 1982.
2. JOHNS, F.B. et al. Radiochemical Analytical Procedures for Analysis of Environmental Samples, U.S. Environmental Protection Agency Office of Research and Development Environmental Monitoring and Support Laboratory, Las Vegas, Nevada, 89114, 1980.
3. PAAKKOLA, O. DR. Sample Collection and Preparation of Samples, Jakarta, 1975.
4. Unit Pelaksana Teknis Pengembangan Nuklir (UPT-PPIN), Laporan Radioaktivitas Lingkungan pada saat Pra Pembangunan Kompleks RSGLP di Serpong, BATAN, 1984.
5. Instruction Manual Low Background Counter Alpha/Beta System, Canberra Model 2200, Canberra Industry, Inc, Meriden, 1977.
6. UNSCEAR, Report of the United Nation Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, United Nation (1981).
7. UNSCEAR, Report of the United Nation Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, United Nation (1985).