



EVALUASI DAMPAK RADIOLOGIK PENYEBARAN RADIOAKTIVITAS LINGKUNGAN DI KAWASAN REAKTOR KARTINI

M. Yazid, Suratman, Gede Sutresna, Sukarman Aminjoyo
PPNY-BATAN, Jl. Babarsari, P.O. Box 1008, Yogyakarta 55010

ABSTRAK

EVALUASI DAMPAK RADIOLOGIK PENYEBARAN RADIOAKTIVITAS LINGKUNGAN DI KAWASAN REAKTOR KARTINI. Evaluasi dampak radiologik yang meliputi pengukuran radioaktivitas beta total, K-40 dalam cuplikan air, tanah dan rumput serta radioaktivitas Cs-137 dan Sr-90 dalam cuplikan air di kawasan reaktor Kartini telah dilakukan. Tujuan penelitian ini untuk menentukan besarnya dampak radiologik dalam lingkungan di sekitar reaktor Kartini. Pada penelitian ini cuplikan air, tanah dan tumbuhan diukur aktivitas beta total, Sr-90 dengan pencacah beta dan diukur aktivitas K-40, Cs-137 dengan spektrometri gamma latar rendah. Dari penelitian ini dapat diketahui bahwa tidak dijumpai indikasi terjadinya penyebaran radionuklida yang berasal dari kegiatan pengoperasian reaktor Kartini. Radioaktivitas beta total cuplikan air 0,06-0,61 Bq/l, tanah 0,24-0,79 Bq/g dan rumput 3,47-5,70 Bq/g abu, sedangkan radioaktivitas K-40 dalam cuplikan air 0,09-0,56 Bq/l, tanah 0,12-0,59 Bq/g dan rumput 0,29-0,93 Bq/g abu. Adapun radioaktivitas Cs-137 dalam cuplikan air antara dibawah batas deteksi sampai dengan 88,62 mBq/l dan Sr-90 antara dibawah batas deteksi sampai dengan 24,22 mBq/l.

ABSTRACT

EVALUATION OF RADIOLOGICAL IMPACTS FOR ENVIRONMENTAL RADIOACTIVITY DISTRIBUTION IN THE KARTINI REACTOR AREA. This evaluation covered of gross beta radioactivity, K-40 radioactivity in the water, soil and grass samples. The measurement of Cs-137 and Sr-90 radioactivity in the water samples have also been done. The aim of this research was determined of radiological impacts in the environment around the Kartini reactor. The water, soil and plant samples were counted for gross beta, Sr-90 activity by beta counter and for K-40, Cs-137 activity by low background gamma spectrometer. For this evaluation can be concluded there are no indication of the radioactivity release from the Kartini reactor operation. Gross beta radioactivity in the water, soil and grass samples are between 0,06-0,61 Bq/l, 0,24-0,79 Bq/g and 3,47-5,70 Bq/g ash. Radioactivity of K-40 in the water, soil and grass samples are between 0,09-0,56 Bq/l, 0,12-0,59 Bq/g and 0,29-0,93 Bq/g ash. The radioactivity of Cs-137 in the water samples are between under limit detectable level to 88,62 mBq/l and Sr-90 are between under limit detectable level to 24,22 mBq/l.

PENDAHULUAN

Pusat Penelitian Nuklir Yogyakarta mempunyai tugas melaksanakan penelitian dasar dan pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir. Dalam pelaksanaan tugas tersebut PPNY memiliki sebuah Reaktor Kartini dengan desain daya 250 kW beserta laboratorium penunjangnya antara lain : Lab. Kimia Nuklir, Instalasi Teknologi Proses, Balai Instrumentasi, Lab. Fisika Nuklir dan Atom, Bengkel Induk serta Lab. Proteksi Rasiasi maupun Lab. Pengelolaan Limbah Radioaktif. Pelaksanaan kegiatan ini melibatkan pemakaian bahan mekanik, kimia maupun zat radioaktif dalam bentuk padat, cair maupun gas yang sangat berpotensi menimbulkan dampak negatif terutama

pada kualitas air, air tanah dan udara di sekitarnya, yang kemungkinan terjadinya penyebaran bahan tersebut pada tumbuhan, hewan dan manusia serta komponen lingkungan lainnya sangat tergantung dari besarnya konsentrasi/radioaktivitas zat tersebut.⁽¹⁾

Evaluasi dampak penting dari kegiatan PPNY terhadap komponen lingkungannya meliputi aspek fisiko-kimia yaitu kualitas tanah, udara, hidrologi, air dan air tanah. Sedangkan untuk aspek lainnya yang meliputi iklim, kebisingan, fisiografi serta dampak terhadap kehidupan biota darat maupun akuatik dinilai kurang penting karena intensitasnya yang relatif kecil, bersifat lokal dan dapat terbalikkan (*reversible*). Adapun tolok ukur dampak yang dipantau ditentukan berdasarkan

analisis dampak lingkungan menggunakan metode matrik.⁽²⁾

Pemantauan radioaktivitas lingkungan di kawasan Reaktor Kartini meliputi daerah dengan radius 5.000 meter dengan pos-pos pengambilan cuplikan sebanyak 36 tempat. Radioaktivitas yang diukur adalah radioaktivitas beta total karena dapat dilakukan dengan cepat dan cukup dapat digunakan untuk membandingkan tingkat aktivitas serta memilih cuplikan yang akan dianalisis radionuklidanya lebih lanjut.⁽³⁾

Menurut NCRP No.50, kandungan radionuklida dalam cuplikan lingkungan berasal dari 3 grup radionuklida yaitu :⁽⁴⁾

1. Radionuklida primordial yang ada sejak terbentuknya bumi bersama dengan anak turunnya seperti: deret uranium dan torium , K-40, Rb-87.
2. Radionuklida yang terbentuk karena proses alam atau radionuklida kosmogenik seperti: H-3, Be-7, Be-10, C-14 dll.
3. Radionuklida buatan manusia dari fasilitas nuklir atau ledakan nuklir, seperti: H-3, Co-60, Kr-85, Sr-90, Y-90 dll.

Radionuklida alamiah terdistribusi dan terkonsentrasi di lithosfer, atmosfer, hidrosfer dan biosfer.

Radionuklida di lithosfer antara lain K-40 dan radionuklida dari deret uranium dan torium yang memberi kontribusi terbanyak radioaktivitas alamiah di batuan. Kandungan radionuklida dalam batuan tergantung pada sejarah geokimianya dan sangat bervariasi tergantung tipe batumannya. Radionuklida di atmosfer yang biasanya terdapat di udara permukaan tanah, termasuk gas radon dengan anak turunnya, radionuklida kosmogenik, hasil belah dan aktivasi. Radionuklida di hidrosfer yang terbentuk secara alamiah lebih kecil daripada kandungan di dalam batuan dan tanah yang kebanyakan K-40. Kandungan radionuklida di air tawar atau air danau tergantung kondisi batuan dan tanah setempat, sedangkan kandungan radionuklida jatuhnya di dalam air laut bervariasi terhadap lokasi dan waktu. Radionuklida di biosfer terutama K-40, sedangkan kandungan radionuklida dari deret uranium dan torium dalam biosfer sangat bervariasi. Radionuklida jatuhnya Sr-90 dan Cs-137 masuk dalam tanaman dengan jalan pengendapan langsung dan penyerapan dari tanah.⁽⁵⁾

TATA KERJA

Pelaksanaan penelitian ini pada prinsipnya dibagi dalam dua tahap yaitu :

1. Pengambilan dan preparasi cuplikan
2. Pencacahan dan perhitungan radioaktivitas.

I. Cara Kerja

Pengambilan dan preparasi cuplikan

Pengambilan cuplikan lingkungan dilakukan di pos-pos pengambilan pada radius 100, 200, 500, 1000, 1500 dan 5000 m dari reaktor Kartini.⁽³⁾

Cuplikan air diambil sebanyak 2 liter dari tiap pos pengambilan, tetapi khusus untuk analisis Cs-137 cuplikan air diambil sebanyak 4 liter. Air yang diambil adalah air sumur, air sungai, air PAM, air kolam, tergantung pada keadaan pos pengambilan. Air diuapkan sampai kering, residu ditampung dalam planset aluminium dan ditimbang. Untuk analisis Sr-90 dilakukan pemisahan secara kimia terlebih dahulu.

Cuplikan tanah diambil sebanyak 100 gram dari tiap pos pengambilan. Tanah yang diambil pada luasan permukaan 1 m² sampai kedalaman 10 cm. Tanah dikeringkan, digerus dan dibuat homogen, ditimbang 1 gram, dimasukkan dalam planset aluminium.

Cuplikan rumput diambil sebanyak 200 gram berat basah dari tiap pos pengambilan, dipotong kira-kira 1 cm dari permukaan tanah pada luasan permukaan 1 m². Selanjutnya diabukan dalam tungku pemanas pada suhu 400C, abu dibuat homogen, ditimbang sebanyak 0,5 gram dan dimasukkan dalam planset aluminium.

Pencacahan dan perhitungan radioaktivitas

Pencacahan cuplikan dilakukan dengan alat cacah beta latar rendah PPNY untuk pengukuran radioaktivitas beta total dan Sr-90, alat cacah beta ORTEC untuk radioaktivitas beta pada cuplikan tumbuhan serta spektrometri gama latar rendah untuk pengukuran radioaktivitas K-40 dan Cs-137.

Efisiensi pencacah beta ditentukan dengan menggunakan radionuklida baku K-40 dalam KCl. Kalibrasi tenaga pencacah gama latar rendah menggunakan radionuklida baku Eu-152 dan penentuan efisiensi pencacahan menggunakan radionuklida baku K-40 dalam KCl. Perhitungan radioaktivitas beta maupun gama dalam cuplikan menggunakan rumus :

$$\text{Radioaktivitas} = \frac{\text{cacah per detik} \times 100}{\text{efisiensi pencacah}} \text{ Bq}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data radioaktivitas beta total cuplikan air, tanah, tanaman dapat dilihat pada tabel 1. Dari hasil pengukuran tersebut dapat diketahui bahwa radioaktivitas air masih dibawah batas tertinggi yang diijinkan menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No.173/Mer.Kes/Per/VII/77, yang berarti dengan beroperasinya reaktor Kartini belum cukup menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungannya.⁽⁵⁾ Untuk meyakinkan hal itu maka dilakukan identifikasi radionuklida secara kualitatif menggunakan spektrometri gama latar rendah. Dengan pengukuran ini dapat diidentifikasi jenis radionuklida pemancar gama dan asal-usul radionuklida, karena radioaktivitas lingkungan di kawasan reaktor Kartini belum tentu berasal dari fasilitas nuklir tersebut. Untuk itu perlu dilakukan analisis radionuklida baik dengan cara kimia untuk pemancar beta gama, maupun dengan spektrometri gama untuk pemancar gama, terutama radionuklida spesifik dari reaktor nuklir setempat seperti Kr-87, Kr-88, Xe-133, Xe-135, I-131 dll.

Tabel 1. Data Radioaktivitas Beta Total Cuplikan Air, Tanah dan Tumbuhan di Kawasan Reaktor Kartini

No. Pos	Radioaktivitas Beta Total (Bq/l)		
	Air	Tanah	Tumbuhan
100-1	0,08 - 0,22	0,29 - 0,60	3,97 - 4,60
100-2	0,12 - 0,43	0,29 - 0,59	4,22 - 5,70
100-3		0,41 - 0,64	1,94 - 4,76
100-4		0,39 - 0,61	4,15 - 4,54
200-1	0,12 - 0,20	0,28 - 0,50	3,63 - 4,88
200-2		0,42 - 0,78	4,00 - 4,76
200-3		0,41 - 0,72	4,22 - 5,07
200-4	0,11 - 0,14	0,48 - 0,77	3,91 - 4,98
500-1	0,15 - 0,17	0,50 - 0,59	3,82 - 4,76
500-2	0,26 - 0,33	0,24 - 0,69	
500-3	0,08 - 0,21	0,43 - 0,65	4,51 - 4,94
500-4	0,17 - 0,24	0,24 - 0,68	4,01 - 4,41
500-5	0,16 - 0,21	0,41 - 0,64	4,66 - 5,35
500-6	0,06 - 0,29	0,51 - 0,64	4,66 - 4,88
1000-1	0,15 - 0,25	0,48 - 0,60	3,82 - 4,47
1000-2	0,20 - 0,37	0,45 - 0,60	4,07 - 4,54
1000-3	0,06 - 0,61	0,46 - 0,55	3,47 - 5,10
1000-4	0,09 - 0,16	0,52 - 0,64	3,85 - 4,91
1000-5	0,19 - 0,24	0,37 - 0,48	4,32 - 5,45
1000-6	0,12 - 0,30	0,26 - 0,58	4,57 - 4,91
1000-7	0,19 - 0,26	0,60 - 0,75	4,54 - 4,76
1000-8	0,20 - 0,27	0,46 - 0,71	4,32 - 4,91
1500-1	0,15 - 0,24		
1500-2	0,14 - 0,23	0,40 - 0,69	4,66 - 4,91
1500-3	0,19 - 0,27	0,47 - 0,53	4,01 - 5,13
1500-4	0,15 - 0,21	0,50 - 0,72	3,75 - 4,91
5000-1	0,08 - 0,20	0,47 - 0,79	4,32 - 5,13
5000-2	0,12 - 0,23	0,48 - 0,66	3,66 - 4,73
5000-3	0,13 - 0,33	0,56 - 0,64	3,66 - 5,35
5000-4	0,15 - 0,25		
5000-5	0,09 - 0,21	0,40 - 0,59	4,54 - 4,94
5000-6	0,10 - 0,20	0,46 - 0,70	3,94 - 4,88
5000-7	0,23 - 0,24	0,49 - 0,64	4,13 - 4,91
5000-8	0,08 - 0,32	0,37 - 0,57	4,44 - 4,82
Jangkau	0,06 - 0,61	0,24 - 0,79	3,47 - 5,70

Radioaktivitas beta maksimum yang diijinkan dalam air:
 $3,7 \times 10^{-6}$ Bq/l.

Hasil pengukuran kuantitatif radioaktivitas K-40 dalam cuplikan air dapat dilihat pada tabel 2. Aktivitas K-40 yang terukur hampir sama dengan aktivitas beta total yang terukur dengan pencacah beta latar rendah pada tabel 1.

Kandungan radioaktivitas beta dalam cuplikan air ternyata hanya merupakan aktivitas K-40 saja, hal ini karena kandungan radionuklida dari deret Uranium dan Torium dalam batuan setempat cukup kecil, sehingga yang dominan hanya K-40.

Tabel 2. Data Radioaktivitas K-40 Cuplikan Air, Tanah dan Tumbuhan di Kawasan Reaktor Kartini tahun 1994

No. Pos	Radioaktivitas K-40 (Bq/l)		
	Air	Tanah	Tumbuhan
100-1	0,20 - 0,31	0,34 - 0,34	0,62 - 0,78
100-2	0,12 - 0,34	0,14 - 0,34	0,44 - 0,85
100-3		0,17 - 0,32	0,49 - 0,54
100-4		0,17 - 0,46	0,39 - 0,73
200-1	0,15 - 0,27	0,17 - 0,27	0,48 - 0,88
200-2		0,17 - 0,32	0,44 - 0,83
200-3		0,17 - 0,37	0,49 - 0,88
200-4		0,12 - 0,31	0,59 - 0,76
500-1	0,09 - 0,22	0,17 - 0,37	0,54 - 0,73
500-2	0,09 - 0,46	0,19 - 0,36	
500-3	0,24 - 0,37	0,10 - 0,27	0,44 - 0,83
500-4	0,09 - 0,22	0,19 - 0,36	0,49 - 0,83
500-5	0,17 - 0,31	0,12 - 0,37	0,68 - 0,88
500-6	0,09 - 0,29	0,29 - 0,44	
1000-1	0,10 - 0,22	0,22 - 0,27	0,44 - 0,83
1000-2	0,12 - 0,29	0,12 - 0,36	0,49 - 0,83
1000-3	0,15 - 0,27	0,15 - 0,36	0,49 - 0,73
1000-4	0,09 - 0,22	0,22 - 0,37	0,49 - 0,98
1000-5	0,20 - 0,34	0,27 - 0,39	0,44 - 0,76
1000-6	0,22 - 0,31	0,12 - 0,24	0,78 - 0,66
1000-7	0,22 - 0,31	0,24 - 0,39	0,68 - 0,83
1000-8	0,09 - 0,24	0,22 - 0,29	0,49 - 0,93
1500-1	0,15 - 0,29	0,22 - 0,41	
1500-2	0,14 - 0,22	0,12 - 0,29	0,54 - 1,08
1500-3	0,14 - 0,29	0,17 - 0,24	0,49 - 0,68
1500-4	0,19 - 0,31	0,12 - 0,17	0,63 - 1,32
5000-2	0,17 - 0,27	0,19 - 0,29	0,54 - 0,76
5000-3	0,09 - 0,20	0,17 - 0,22	0,59 - 0,93
5000-4	0,12 - 0,22	0,22 - 0,29	0,49 - 0,83
5000-5	0,25 - 0,39	0,20 - 0,59	0,29 - 0,59
5000-6	0,09 - 0,14	0,12 - 0,31	0,49 - 0,76
5000-7	0,27 - 0,34	0,17 - 0,29	0,44 - 0,73
5000-8	0,22 - 0,34	0,17 - 0,44	0,59 - 0,83
Jangkau	0,09 - 0,56	0,12 - 0,59	0,29 - 0,93

Sedangkan untuk cuplikan tanah aktivitas K-40 kira-kira setengah dari aktivitas beta total, hal ini sesuai dengan rekomendasi NCRP No.50 seperti pada tabel 5, dimana K-40 merupakan kontributor terbanyak dalam cuplikan tanah di samping radionuklida lainnya.

Untuk cuplikan rumput aktivitas K-40 relatif kecil dibanding dengan radioaktivitas beta total yang diukur dengan pencacah beta. Aktivitas beta total rumput cukup tinggi dibanding dengan aktivitas beta air dan tanah, karena aktivitasnya terkonsentrasi dari berat tanaman basah yang kurang lebih 130 gram menjadi 1 gram abu yang dicacah. Radioaktivitas beta cuplikan tanaman di lingkungan menurut NCRP No.50, cukup tinggi, terutama dari K-40, Pb-210, Bi-210, radionuklida dari deret Uranium dan Torium. Kontribusi Cs-137 dan Sr-90 dari jatuhnya percobaan senjata nuklir sangat kecil dan masuk ke dalam tanaman lewat pengendapan langsung atau lewat penyerapan dari air tanah.⁽⁴⁾

Tabel 5. Radioaktivitas alamiah di lingkungan dalam tanah dan tanaman.(NCRP No.50)

Radionuklida / Pemicar	Cuplikan Lingkungan	Radioaktivitas Bq/g
	Tanah	
K-40		0,37
Rb-87		0,13
Ra-226		0,03
Th-232		0,02
U-238		0,02
	Tanaman	
alfa		0,01-0,11
beta		0,29-4,55
K-40		0,04-1,85
Rb-87		0,004
Po-210		0,37

Hasil pengukuran kandungan Cs-137 dalam cuplikan air lingkungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 3, yang berkisar antara di bawah batas deteksi sampai dengan $88,62 \pm 5,90$ mBq/l. Batas deteksi dari pengukuran ini sebesar $2,44 \times 10^{-1}$ mBq/l. Kandungan Cs-137 yang terukur ini ternyata masih jauh dibawah batas tertinggi yang diijinkan berdasarkan SK. Dirjen BATAN No.294/DJ/IX/1992 tentang Nilai Batas Radioaktivitas di Lingkungan yaitu 7×10^2 Bq/liter.⁽⁶⁾

Tabel 3. Radioaktivitas Cs-137 dalam Cuplikan Air Lingkungan di Kawasan Reaktor Kartini

No.	KODE LOKASI	KONSENTRASI CS-137 (mBq/l)	No.	KODE LOKASI	KONSENTRASI CS-137 (mBq/l)
1.	100-1	dibawah batas deteksi	17.	1000-6	dibawah batas deteksi
2.	100-2	43,94 ± 6,92	18.	1000-7	18,44 ± 2,67
3.	100-3	65,37 ± 4,81	19.	1000-8	68,81 ± 5,19
4.	200-1	51,95 ± 4,17	20.	1500-1	16,67 ± 2,60
5.	200-2	3,48 ± 1,15	21.	1500-2	23,85 ±
6.	200-3	24,81 ± 4,55	22.	1500-3	12,22 ± 2,33
7.	500-1	8,33 ± 2,15	23.	1500-4	72,30 ± 5,89
8.	500-2	61,11 ± 6,28	24.	5000-1	88,62 ± 5,90
9.	500-3	2,04 ± 0,86	25.	5000-2	6,98 ± 1,71
10.	500-4	46,26 ± 6,42	26.	5000-3	17,87 ± 2,49
11.	500-5	20,05 ± 2,63	27.	5000-4	27,38 ± 3,21
12.	1000-1	37,34 ± 3,83	28.	5000-5	48,84 ± 4,06
13.	1000-2	31,68 ± 3,48	29.	5000-6	dibawah batas deteksi
14.	1000-3	48,77 ± 6,74	30.	5000-7	54,28 ± 4,31
15.	1000-4	12,19 ± 2,13	31.	5000-8	70,12 ± 5,18
16.	1000-5	22,72 ± 2,59			

Adapun kandungan Sr-90 dalam contoh air lingkungan dapat dilihat dalam tabel 4, yang berkisar antara dibawah batas deteksi sampai dengan 24,22 6,60 mBq/liter. Batas deteksi minimum dari pengukuran ini sebesar 5,29 0,13 mBq/liter. Hasil pengukuran ini ternyata masih di bawah batas

tertinggi yang diijinkan berdasarkan SK. Dirjen BATAN No.294/DJ/IX/1992 tentang Nilai Batas Radioaktivitas di Lingkungan yaitu sebesar 4×10^3 mBq/liter.⁽⁶⁾ Seharusnya memang demikian, karena Sr-90 merupakan salah satu produk fisi yang kemungkinan berasal dari reaktor nuklir ataupun jatuhnya sisa percobaan ledakan nuklir, yang keberadaannya di lingkungan merupakan hasil ulah manusia.

Dalam keadaan normal kandungan Sr-90 seharusnya tetap rendah karena setelah masa pasca perang dingin ini perlombaan sistem persenjataan nuklir di negara maju mengalami penurunan, sehingga pelepasan hasil fisi ke lingkungan secara global akan menurun pula. Adapun keberadaan Sr-90 dalam lingkungan diperkirakan merupakan sisa aktivitas masa lalu, karena umur paronya yang cukup panjang maka akan tetap berada dalam lingkungan dalam waktu yang relatif lama.

KESIMPULAN

Dari pengukuran radioaktivitas cuplikan air, tanah dan rumput di kawasan reaktor Kartini ternyata radioaktivitas yang terukur masih di bawah batas tertinggi yang diijinkan dan hanyalah radioaktivitas alamiah saja, karena kontribusi yang terbesar hanyalah K-40 yang dominan di alam.

Kegiatan pengoperasian reaktor Kartini belum cukup menimbulkan dampak negatif yang berarti terhadap lingkungannya, yang dapat

dibuktikan dengan tidak dijumpainya indikasi terjadinya pelepasan radionuklida spesifik di dalam cuplikan lingkungan.

Radioaktivitas beta total cuplikan air 0,06-0,61 Bq/l, tanah 0,24-0,79 Bq/g dan rumput 3,47-5,70 Bq/g abu, sedangkan radioaktivitas K-40

Tabel 4. Radioaktivitas Sr-90 dalam Air Lingkungan di Kawasan Reaktor Kartini

No.	Kode Lokasi	Radioaktivitas Sr-90 (mBq/liter)	No.	Kode Lokasi	Radioaktivitas Sr-90 (mBq/liter)
1.	100 - 1	20,2072 ± 9,3560	19.	1000 - 5	9,3521 ± 6,4618
2.	100 - 2	9,5673 ± 6,3890	20.	1000 - 6	11,1669 ± 6,9899
3.	100 - 3	16,6657 ± 6,3279	21.	1000 - 7	14,9790 ± 9,0917
4.	100 - 4	24,2212 ± 6,6057	22.	1000 - 8	29,6026 ± 8,2882
5.	100 - 1	11,8712 ± 7,0979	23.	1500 - 1	13,0386 ± 6,2255
6.	100 - 2	12,2860 ± 6,7415	24.	1500 - 2	11,3317 ± 6,7753
7.	100 - 3	10,1422 ± 7,2594	25.	1500 - 2*	12,6787 ± 6,6855
8.	100 - 4	13,1857 ± 6,1508	26.	1500 - 3	19,1605 ± 6,0072
9.	500 - 1	11,3181 ± 6,7671	27.	1500 - 4	17,7940 ± 7,3713
10.	500 - 2	13,5210 ± 6,5228	28.	5000 - 1	8,8393 ± 6,9534
11.	500 - 3	12,6851 ± 6,2690	29.	5000 - 2	16,1213 ± 6,8882
12.	500 - 4	10,1435 ± 8,4847	30.	5000 - 3	LD
13.	500 - 5	DD	31.	5000 - 4	18,4156 ± 6,8039
14.	500 - 6	18,1190 ± 7,7417	32.	5000 - 5	8,8626 ± 6,7067
15.	1000 - 1	14,4327 ± 6,5026	33.	5000 - 6	14,1971 ± 6,7786
16.	1000 - 2	9,8023 ± 6,2333	34.	5000 - 7	14,1497 ± 6,4735
17.	1000 - 3	8,3335 ± 6,5556	35.	5000 - 8	19,6847 ± 7,5448
18.	1000 - 4	9,8784 ± 6,2817			

DD - dibawah batas deteksi

dalam cuplikan air 0,09-0,56 Bq/l, tanah 0,12-0,59 Bq/g dan rumput 0,29-0,93 Bq/l. Adapun radioaktivitas Cs-137, dalam cuplikan air antara dibawah batas deteksi sampai dengan 88,62 mBq/l dan Sr-90 antara dibawah batas deteksi sampai dengan 24,22 mBq/l.

DAFTAR PUSTAKA

1. SEDLET. J., "Environmental Radioactivity at Argonne National Laboratory", Report for the year (1959)
2. Pedoman Pelaksanaan PP. No. 29 Tahun 1986 Tentang Analisis Mengenai Dampak Lingkungan, Sekretariat Menteri Negara Kependudukan Dan Lingkungan Hidup (1987)
3. SURATMAN dkk., Radioaktivitas Lingkungan di Sekitar Reaktor Kartini Sebelum dan Sesudah Commissioning, Prosiding PDIPTN, Yogyakarta (1987)
4. NCRP., "Environmental Radiation Measurement", Recommendation of the National Council on Radiation Protection and Measurements, NCRP Report no.50. (1987)
5. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 173/Men.Kes./Per./VIII/77, tentang Pengawasan Pencemaran Air Dari Badan Air Untuk Berbagai Kegunaan Yang Berhubungan Dengan Kesehatan (1977)
6. BATAN., Keputusan Direktur Jenderal BATAN No.294/DJ/IX/1992 tentang Nilai Batas Radioaktivitas di Lingkungan, Jakarta (1992)

TANYA JAWAB

Djoko S

Tidak dijumpai/tidak ada indikasi terjadinya pelepasan radionuklida spesifik (menurut kesimpulan saudara); sedangkan cuplikan hanya diukur berdasarkan gross β (β total), dengan penjelasan apa yang disampaikan, sehingga bisa diambil kesimpulan tersebut.

M. Yazid

Yang dimaksud radionuklida spesifik adalah hasil belah setelah dilakukan identifikasi secara kuantitatif. Kontribusi yang terbesar adalah K-40 yang merupakan radionuklida alamiah. Sedangkan kandungan Cs-137 dan Sr-90 yang terukur diperkirakan berasal dari radiasi jatuhan.

Indro Yuwono

1. Berapa besar radius terpendek dan terjauh lokasi pengambilan cuplikan terhadap reaktor ?
2. Apakah ada beda hasil pengamatan untuk arah yang berbeda ?
3. Berbicara masalah dampak radiologi Reaktor Kartini, seberapa jauh jarak yang baik untuk pemantauan ?

M. Yazid

1. Radius pengambilan cuplikan 100-5000 meter.
2. Dalam penelitian ini tidak diamati.
3. Jarak tetap antara 100-5000 meter, dengan alasan untuk mempermudah perbandingan data.

Pramudita A

Radionuklida apa saja yang mungkin dilepaskan oleh Reaktor Kartini? Berapa umur paro radionuklida-tersebut dan apakah mungkin terdeteksi dengan metode pengukuran yang dilakukan di PPNY?

M. Yazid

Dalam keadaan normal yang mungkin terlepas Ar-41 dan N-16 dan zat radioaktif ini tidak akan sampai ke lingkungan karena telah tertangkap oleh sistem Reaktor Kartini yang sudah mapan. Namun jika terjadi keadaan darurat/kecelakaan yang terlepas ke lingkungan adalah I-131, menurut analisis keselamatan Reaktor Kartini hanya mencapai radius 40 m. Pelepasan ini akan terdeteksi oleh metode pengukuran di PPNY, yaitu naiknya dosis radiasi gamma.