

LAJU DOSIS RADIASI GAMMA LINGKUNGAN DI PULAU JAWA

Gatot Suhariyono, Buchori dan Dadong Iskandar

Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi -BATAN

Jl. Cinere Pasar Jum'at, Jakarta Selatan 12070, fax : 021-7657950,

ABSTRAK

LAJU DOSIS RADIASI GAMMA LINGKUNGAN DI PULAU JAWA. Telah dilakukan pemantauan laju dosis radiasi-gamma lingkungan di beberapa lokasi pulau Jawa pada tahun 2005 / 2006. Pengukuran laju dosis radiasi-gamma lingkungan dilakukan menggunakan perangkat Portable Gamma Ray Spectrometer dengan detektor NaI(Tl), merk Exploranium, model GR-130-miniSPEC, sedangkan untuk menentukan letak geografisnya digunakan GPS (Global Positioning System), buatan Garmin corporation tipe GPS III Plus. Pembagian wilayah pengukuran dilakukan dengan cara membagi pulau Jawa menjadi 66 bagian dengan jarak yang kurang lebih sama, kecuali di daerah Jepara yang akan dibangun PLTN (Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir), jarak antar titik pengukuran lebih dirapatkan. Hasil pemantauan tingkat laju dosis radiasi-gamma di 66 lokasi di Pulau Jawa berkisar dari $(19,24 \pm 4,05)$ nSv/jam sampai $(150,78 \pm 12,26)$ nSv/jam dengan rata-rata $(51,93 \pm 36,53)$ nSv/jam. Laju dosis terendah berada di lokasi Garut, sedangkan laju dosis tertinggi berada di lokasi Ujung Lemah Abang, Jepara. Data ini dapat dipakai sebagai data dasar laju dosis radiasi-gamma lingkungan di Indonesia, khususnya di pulau Jawa. Tingkat radiasi-gamma rata-rata di daerah pemantauan Pulau Jawa ($0,46$ mSv/tahun) masih lebih rendah daripada laju dosis efektif rata-rata dunia yang berasal dari bumi akibat peninaran radiasi gamma $0,5$ mSv/tahun (laporan UNSCEAR, 2000).

Kata Kunci : Laju Dosis, Radiasi Gamma, Jawa

ABSTRACT

DOSE RATE OF ENVIRONMENTAL GAMMA RADIATION IN JAVA ISLAND. The dose rate Monitoring of environmental gamma radiation at some locations in Java Island in the year 2005 / 2006 has been carried out. The dose rate measurement of gamma radiation is carried out by using the peripheral of Portable Gamma of Ray Spectrometer with detector of NaI(Tl), Merck Exploranium, Model GR-130-MINISPEC, while to determine its geographic position is used by the GPS (Global Positioning System), made in Garmin corporation of GPS III Plus type. The division of measurement region was conducted by dividing Java Island become 66 parts with same distance, except in Jepara area that will built PLTN(Nuclear Energy Power), distance between measurement points is more closed. The results of dose rate measurement are in 66 locations in Java Island the range of (19.24 ± 4.05) nSv/hour until (150.78 ± 12.26) nSv/hour with mean (51.93 ± 36.53) nSv/h. The lowest dose rate was in location of Garut, while highest dose rate was in Ujung Lemah Abang, Jepara location. The data can be used for base line data of dose rate of environmental gamma radiation in Indonesia, specially in Java Island. The mean level of gamma radiation in Java monitoring area (0.46 mSv / year) was still lower than worldwide average effective dose rate of terrestrial gamma rays $0,5$ mSv / year (report of UNSCEAR, 2000).

Key Word : Dose Rate, Gamma Radiation, Java

PENDAHULUAN

Sejak manusia hidup di muka bumi ini, disadari atau tidak, akan selalu menerima radiasi. Radiasi yang berasal dari zat radioaktif tidak bisa dirasa oleh manusia. Untuk mengetahui adanya radiasi, maka diperlukan suatu alat yang peka terhadap radiasi tersebut. Sumber radiasi yang mengenai benda-benda yang ada di bumi ini bisa berasal dari sumber radiasi alam maupun dari sumber radiasi buatan. Sumber radiasi alam dapat berasal dari dalam bumi dan ruang angkasa (kosmik), sedangkan radiasi buatan umumnya

berasal dari kegiatan manusia, baik dalam bidang medik, industri, maupun bidang percobaan-percobaan nuklir.

Penyinaran radiasi yang diterima penduduk dunia sebagian besar berasal dari sumber radiasi alam yaitu sekitar 87 % yang terdiri atas radiasi radon (51 %), radiasi kosmik (10 %), radiasi interna (12 %), dan radiasi eksterna-gamma (14 %). Radiasi buatan sekitar 13 %, terdiri atas kegiatan medik (12 %) dan lain-lain adalah 1 % (0,4 % berasal dari jatuhnya radioaktif, 0,2 % kerja

radiasi, kurang dari 0,1 % kegiatan instalasi nuklir, kurang dari 0,4 % kegiatan lain). Total dosis radiasi yang diterima penduduk dunia yang berasal dari sumber radiasi alam sekitar 2,4 mSv/tahun yang terdiri atas 2,0 mSv/tahun berasal dari dalam bumi dan 0,4 mSv/tahun berasal dari sinar kosmik, sementara yang berasal dari sumber radiasi buatan sekitar 0,7 mSv/tahun. [1, 2].

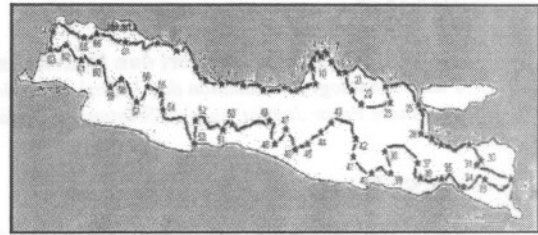
Untuk mengetahui dan mendapatkan data laju dosis radiasi-gamma lingkungan di Pulau Jawa telah dilakukan pengukuran paparan radiasi lingkungan di beberapa daerah, seperti di DKI Jakarta dan beberapa daerah lain di Pulau Jawa, termasuk beberapa lokasi potensial, seperti di sekitar calon PLTN Ujung Lemah Abang, PLTU Paiton, PRSG – BATAN Serpong, dan beberapa daerah lain [3, 4]. Data dasar radioaktivitas dan radiasi-gamma yang telah diperoleh tersebut dari beberapa daerah di Jawa masih belum mewakili data dasar radioaktivitas dan radiasi-gamma secara menyeluruh untuk Pulau Jawa. Pemetaan radiasi juga dipakai sebagai data dasar radioaktivitas dan radiasi-gamma alam sebelum PLTN dibangun di daerah Ujung Lemah Abang, Jepara yang rencananya dibangun pemerintah pada tahun 2010. Oleh karena itu PTKMR pada tahun 2005 / 2006 telah melakukan pemantauan laju dosis tingkat radioaktivitas dan radiasi-gamma lingkungan di 66 lokasi hampir menyeluruh di Pulau Jawa. Pada makalah ini dibahas hasil pengukuran laju dosis radiasi gamma lingkungan di 66 lokasi yang mewakili laju dosis di Pulau Jawa.

TATA KERJA

Lokasi Pengukuran

Pengukuran laju dosis radiasi-gamma lingkungan dilakukan di Pulau Jawa, yaitu dengan cara membagi wilayah Pulau Jawa menjadi 66 titik dengan *grid* yang kurang lebih sama, kecuali di daerah Jepara yang akan dibangun PLTN (Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir), jarak antar titik pengukuran lebih dirapatkan. Pembagian wilayah Pulau Jawa menjadi 66 titik pemantauan disesuaikan dengan waktu dan biaya yang tersedia, serta jalur lintas Jawa yang bisa dilewati oleh kendaraan, dalam hal ini jalur yang dilewati adalah jalur Utara dan jalur Selatan. Dengan cara seperti itu diharapkan seluruh wilayah di Pulau Jawa dapat terwakili dalam hal pengukuran laju dosis radiasi gamma lingkungannya. Kemudian setiap lokasi dicatat posisi geografisnya menggunakan GPS (*Global*

Positioning System). Lokasi pengukuran laju dosis diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta 66 lokasi pengukuran laju dosis di Pulau Jawa

Peralatan

Pengukuran laju dosis radiasi gamma lingkungan dilakukan menggunakan perangkat *Portable Gamma Ray Spectrometer* dengan detektor NaI(Tl), Merk *Exploranium*, Model GR-130 mini SPEC. Alat ini sangat praktis untuk dibawa ke lapangan, karena ukurannya cukup kecil. Alat tersebut dapat dioperasikan dalam 3 mode yaitu : mode survey, mode Dosimeter dan mode analisis [5]. Didalam mode survey, alat ini berfungsi sebagai surveymeter, hasil pengukuran ditampilkan dalam bentuk laju cacah dalam satuan cacah/detik (cps). Sedangkan dalam mode dosimeter, hasil pengukuran bisa ditampilkan dalam bentuk laju dosis maupun dosis akumulasi. Apabila dioperasikan dalam mode analisis, alat ini berfungsi sebagai analisis radionuklida yang dapat membedakan radionuklida yang tercacah berdasarkan energinya. Alat pemantau radiasi-gamma lingkungan diperlihatkan pada Gambar 2. Selain alat ukur laju dosis radiasi gamma, juga digunakan GPS (*Global Positioning System*), buatan *Garmin corporation* tipe GPS III Plus sebagai pemandu untuk menuju lokasi titik sampling dan juga untuk mengetahui letak geografis dari titik sampling tersebut [6]. Alat GPS dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2 Alat pemantau laju dosis radiasi-gamma lingkungan [5]



Gambar 3. Alat pemantau koordinat titik lokasi pengambilan contoh dengan menggunakan GPS III Plus, buatan Garmin Corporation [6].

Pengukuran laju dosis dilakukan dengan cara mode dosimeter dengan satuan nSv/h (*nanoSievert / hour*). Pada saat pengukuran dilakukan, laju dosis dan total dosis akumulasi mulai dari alat tersebut dihidupkan sampai dihentikan (di *stop*) akan terbaca di alat, dan secara otomatis tersimpan di dalam memori lengkap dengan tanggal dan waktunya. Apabila memori sudah penuh, data laju dosis tersebut ditransfer ke laptop untuk disimpan di dalam file. Hasil pengukuran laju dosis, kemudian dirata-ratakan untuk mengetahui tingkat laju dosis rata-rata di Pulau Jawa. Simpangan baku yang digunakan dalam evaluasi data menggunakan simpangan baku Gauss untuk populasi data, sebagai berikut:

$$\text{Simpangan Baku Gauss (Sd)} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

Keterangan :

x_i = pengukuran yang ke- i

\bar{x} = rata-rata hasil pengukuran

N = jumlah data hasil pengukuran

Sistem kalibrasi dari mini-instrumen *Exploranium Radiation Detection System* model GR-130 disertifikasi oleh *Seibersdorf National Laboratory*, IAEA di Austria. Kalibrasinya dilakukan mulai dari energi 60 keV sampai dengan 3 MeV, yang merupakan energi yang digunakan pada mode dosimeter. Sedangkan ketidakpastian pengukuran pada rentang 100 keV sampai dengan 3 MeV adalah sebesar 2 % untuk detektor NaI(Tl) yang digunakan [5].

Metodologi

Sebelum melakukan pengukuran, peta Pulau Jawa dibagi dalam grid-grid dengan jarak tertentu untuk menentukan titik pengambilan sampel. Dengan menggunakan peta Pulau Jawa yang sudah dibagi dalam grid-grid tertentu itu perjalanan dilakukan melalui jalan darat menggunakan kendaraan dan untuk menuju lokasi titik pengambilan yang sesuai dengan peta digunakan sebuah GPS (*Global Positioning System*).

Pengukuran dimulai dari Propinsi Jawa Barat sampai dengan Propinsi Jawa Timur melalui jalur lintas pantai Utara (pantura), kemudian dilanjutkan dari Propinsi Jawa Timur sampai dengan Propinsi Banten menggunakan jalur lintas Selatan. Pengukuran laju dosis dilakukan pada tiap-tiap lokasi titik pengukuran selama 20 sampai 30 menit, dan dengan ketinggian sekitar 1 m dari permukaan tanah. Di lokasi pengukuran tersebut juga ditentukan posisi geografisnya menggunakan GPS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran laju dosis radiasi-gamma dari beberapa propinsi di Pulau Jawa diperlihatkan pada Tabel 1 dan Gambar 4. Hasil pengukuran tersebut masih termasuk sebagian kecil radiasi kosmis, karena perangkat mini instrumen *Exploranium Radiation Detection System*, model GR-130-miniSPEC, ini hanya mengukur radiasi gamma mulai dari energi 60 keV sampai dengan 3000 keV, sedangkan energi radiasi kosmis dominan pada energi 3000 keV ke atas.

Di dalam Tabel 1 dan Gambar 4 diperlihatkan bahwa laju dosis di beberapa lokasi di Pulau Jawa mempunyai rentang variasi yang cukup lebar yaitu berkisar dari $(19,24 \pm 4,05)$ nSv/jam sampai $(150,78 \pm 12,26)$ nSv/jam dengan rata-rata $(51,93 \pm 36,53)$ nSv/jam. Laju dosis terendah ada di lokasi Garut yang terletak pada koordinat 7,22413 LS dan 107,91822 BT yaitu sebesar $(19,24 \pm 4,05)$ nSv/jam. Sedangkan laju dosis tertinggi berada di lokasi Ujung Lemah Abang, Jepara yang terletak di koordinat 6,42701 LS dan 110,78827 BT yaitu sebesar $(150,78 \pm 12,26)$ nSv/jam. Rata-rata laju dosis di Jalur Utara Pulau Jawa lebih tinggi daripada di Jalur Selatan yaitu masing-masing $(68,97 \pm 46,15)$ dan $(32,68 \pm 7,75)$ nSv/jam.

Laju dosis yang paling rendah dari hasil pengukuran berada di daerah Garut yaitu $(19,24 \pm 4,05)$ nSv/jam. Pengukuran di daerah Garut dilakukan di lapangan terbuka. Jenis tanah daerah

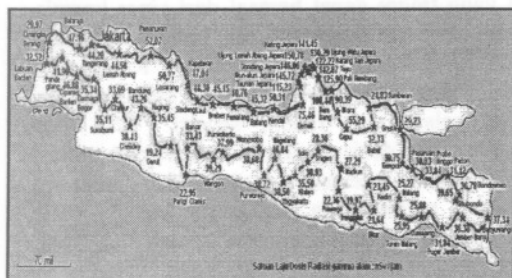
Garut bagian Selatan merupakan bagian yang paling luas dari jenis kompleks podsolik merah kekuning-kuningan, podsolik kuning dan regosol, sedangkan di Garut bagian Utara didominasi tanah andosol (tanah berpasir) [7]. Jenis tanah podsolik merah kuning ini bersifat tanah liat, porositas jelek dan mudah larut bersama air. Jenis tanah regosol didominasi oleh tekstur pasir yang relatif dangkal. Secara umum, batuan penyusun dataran antar gunung Garut didominasi oleh material vulkanik klasik berupa alluvium, pasir, kerakal, kerikil, dan lumpur. Unsur penyusun lapisan tanah tersebut sebagian besar terdiri dari material-material yang mempunyai kadar radioaktif rendah, seperti kerakal, pasir, lempung, lumpur, gambut dan lain-lain, sehingga di lokasi ini laju paparan radiasi gammanya relatif lebih rendah dibandingkan lokasi pengukuran lain di wilayah Pulau Jawa.

Laju dosis di wilayah Jepara sampai ke Rembang sebagian besar lebih tinggi dari 100 nSv/jam. Laju dosis yang besar ini akibat dari lokasi-lokasi pengukuran tersebut mempunyai konsentrasi tertinggi radionuklida alamnya di Pulau Jawa yaitu banyak mengandung nuklida Thorium (Th-232) dan anak luruhnya ($14,39 \pm 0,18$ ppm), nuklida Uranium (U-238) dan anak luruhnya ($4,39 \pm 0,26$ ppm), serta mengandung nuklida Kalium-40 (K-40) sebesar $1,67 \pm 0,06$ % [8]. Selain itu di daerah Jepara sampai ke Rembang terdapat kompleks pemukiman padat penduduk, sehingga mungkin sekali di daerah itu mempunyai paparan yang relatif lebih tinggi.

Tabel 1. Data hasil pemantauan radiasi-gamma di beberapa lokasi di Pulau Jawa

Titik	Posisi		Laju Dosis (nSv/jam)	Lokasi
	Lintang Selatan	Bujur Timur		
1	6.26624	107.21302	44,56 ± 0,91	Lemah Abang
2	6,28345	107,81514	52,07 ± 0,02	Pamanukan
3	6,39521	108,17264	50,77 ± 0,14	Losarang
4	6,64009	108,52838	47,40 ± 0,56	Kapetakan
5	6,81895	108,73070	48,30 ± 0,45	Sindang Laut
6	6,86717	109,02616	45,15 ± 0,84	Brebes
7	6,88174	109,41838	40,76 ± 1,38	Pemalang
8	6,95071	109,79738	45,32 ± 0,82	Tulis - Batang
9	6,91823	110,19542	50,31 ± 0,20	Kendal
10	6,86729	110,75187	75,46 ± 2,92	Demak - Kudus
11	6,65081	110,70868	115,23 ± 7,85	Taunan-Jepara
12	6,58917	110,66865	145,72 ± 11,63	Perhutani-Alun-alun Jepara
13	6,50679	110,71047	146,09 ± 11,68	Gondang - Jepara
14	6,42701	110,78827	150,78 ± 12,26	Ujung Lemah Abang, Jepara
15	6,4798	110,85897	141,45 ± 11,10	Keling - Jepara
16	6,41013	110,92679	130,29 ± 9,72	Ujung Watu - Jepara
17	6,43707	110,96926	122,22 ± 8,72	Karang Sari - Jepara
18	6,54588	111,05425	142,87 ± 11,28	Tayu
19	6,71137	111,19697	125,90 ± 9,18	Pati - Rembang
20	6,69881	111,30796	100,44 ± 6,02	Rembang
21	6,95454	111,42687	90,39 ± 4,77	Blora
22	7,14354	111,59953	55,29 ± 0,42	Cepu
23	7,12647	112,14172	32,33 ± 2,43	Babat
24	6,90369	112,06852	24,83 ± 3,36	Sumberan
25	7,16159	112,64998	29,23 ± 2,82	Gresik
26	7,56202	112,71618	30,75 ± 2,63	Gempol
27	7,63757	112,90526	30,03 ± 2,72	Pasuruan
28	7,71358	113,08103	33,84 ± 2,24	Probolinggo
29	7,71742	113,59147	31,12 ± 2,58	Paiton
30	7,93619	113,80690	36,78 ± 1,88	Bondowoso
31	7,75509	114,25265	39,65 ± 1,52	Situbondo
32	8,21834	114,36981	37,34 ± 1,81	Banyuwangi

33	8,2137	113,89141	36,38 ± 1,93	Jember Banyuwangi
34	8,31097	113,48998	31,84 ± 2,49	Puger Jember
35	8,19238	113,07883	25,88 ± 3,23	Lumajang
36	8,18111	112,69211	25,95 ± 3,22	Turen Malang
37	7,97830	112,66689	25,27 ± 3,31	Malang
38	7,81793	112,03724	23,45 ± 3,53	Kediri
39	8,11397	112,15536	21,64 ± 3,76	Blitar
40	8,12054	111,79590	19,97 ± 3,96	Trenggalek
41	7,88219	111,46027	22,36 ± 3,67	Ponorogo
42	7,62917	111,51160	27,29 ± 3,06	Madiun
43	7,40482	111,05671	28,36 ± 2,92	Sragen
44	7,55474	110,84801	30,93 ± 2,60	Solo
45	7,69643	110,60850	35,50 ± 2,04	Klaten
46	7,78352	110,39284	38,50 ± 1,67	Yogyakarta
47	7,50519	110,22070	46,84 ± 0,63	Magelang
48	7,70127	110,02495	38,72 ± 1,64	Purworejo
49	7,38140	109,91294	38,68 ± 1,64	Wonosobo
50	7,44701	109,24127	37,99 ± 1,73	Purwokerto
51	7,51194	109,04140	39,29 ± 1,57	Wangon
52	7,38125	108,53706	33,43 ± 2,29	Banjar
53	7,69327	108,50490	22,95 ± 3,59	Parigi Ciamis
54	7,22413	107,91822	19,24 ± 4,05	Garut
55	7,01955	107,88730	35,45 ± 2,04	Nagreg
56	6,90084	107,62254	43,26 ± 1,07	Bandung
57	7,11847	107,43692	38,43 ± 1,67	Ciwidey
58	6,80290	107,15481	33,69 ± 2,26	Cianjur
59	6,91770	106,93773	35,11 ± 2,09	Sukabumi
60	6,56158	106,72519	35,34 ± 2,06	Darmaga Bogor
61	6,53330	106,40099	46,88 ± 0,63	Cipanas Banten
62	6,31763	106,11315	41,96 ± 1,24	Pandeglang
63	6,38316	105,82537	32,52 ± 2,41	Labuan Banten
64	6,12355	105,87184	29,97 ± 2,72	Cinangka, Serang
65	6,20391	106,45082	47,16 ± 0,59	Balaraja
66	6,15863	106,69055	44,20 ± 0,96	Tangerang
Rata-rata			51,93 ± 36,53	



Gambar 4. Peta hasil pemantauan laju dosis radiasi-gamma di beberapa lokasi di Pulau Jawa

Hal ini karena kontribusi dari bahan-bahan bangunan yang dipakai untuk membangun gedung-gedung dan rumah-rumah juga bisa menambah laju paparan radiasi gammanya. Pola

penggunaan tanah sebagian besar wilayah Kabupaten Jepara digunakan untuk pemukiman = 28,21 %, persawahan = 26,33 %, areal hutan = 15,95 %, perkebunan = 4,08 %, perikanan = 1,15 %. Pengukuran-laju dosis radiasi tersebut banyak dilakukan di daerah pertanian atau di pinggir pantai yang banyak kebun kelapa dan kebun tebu. Jenis tanah yang berada di kabupaten ini adalah [9] :

1. Latosol, paling dominan terdapat di perbukitan Gunung Muria seluas 65,39%
2. Andosol Coklat, di perbukitan bagian Utara dan puncak Gunung Muria seluas 3,15%
3. Regosol, terdapat di bagian Utara seluas 2,69%
4. Alluvial, terdapat di sepanjang pantai Utara seluas 9,09%
5. Mediteran, terdapat di pantai Barat seluas 19,32%

Tanah latosol berasal dari batuan induk batu gamping, batu pasir, dan breksi. Tanah latosol yang berupa tanah liat (tanah laterit coklat merah) kurang baik untuk proses penyerapan air hujan.. Tanah andosol (tanah berpasir di pegunungan tinggi dengan pH 6-7) banyak mengandung Kalium (K) dan fosfat (PO_4^{3-}). Jenis tanah regosol yang mengandung fosfat (PO_4^{3-}) dan calcium (Ca^{2+}) yang didominasi oleh tekstur pasir yang relatif dangkal. Tanah regosol berasal dari material gunung berapi, bertekstur butiran kasar bercampur dengan pasir, dengan *solum* tebal. Tanah alluvial (tanah bercampur pasir) merupakan tanah yang gembur, banyak mengandung humus, dan lembab cocok untuk pertumbuhan tanaman dengan derajat keasaman (pH) antara 6-7. Tanah alluvial ini digunakan pada umumnya untuk persawahan. Tanah Mediteran berasal dari batu gamping karang, batu gamping berlapis, dan batu pasir. Tanah ini memiliki kesuburan rendah, karena memiliki *solum* dangkal dan kandungan unsur hara rendah. Tanah mediteran terdapat hanya di bagian cekung dan agak datar [9].

Konsentrasi Thorium (Th-232) yang tinggi (≥ 7 ppm) terdapat dari jenis tanah regosol (dari batu endapan berkapur di daerah bukit), grumosol (dari endapan tanah liat di tanah datar), grumosol (dari batu endapan dan bekuan di daerah bukit), latosol dan andosol (dari batu bekuan di daerah bukit dan gunung). Penggunaan lahan untuk pertanian dan perkebunan. Sedangkan konsentrasi Thorium yang rendah (< 1 ppm) terdapat pada jenis tanah aluvial (dari endapan sungai dan danau di daerah datar), regosol dan litosol (dari batu endapan dan bekuan di daerah bukit), podsolik merah kuning dan latosol (dari batu pasir dan batu bekuan di daerah bukit, sungai, gunung), mediteran merah kuning dan grumosol (dari batu endapan di daerah bukit sampai gunung), grumosol dan regosol (dari batu endapan di daerah bukit sampai gunung), mediteran merah kuning dan litosol (dari batu endapan dan metamorfosa). Penggunaan lahan untuk perumahan dan hutan [8].

Konsentrasi uranium (U-238) yang tinggi (≥ 2 ppm) terdapat pada jenis tanah grumosol (dari endapan tanah liat tua di daerah datar), latosol (dari batu bekuan basis dan intermedier di daerah bukit dan gunung), podsolik merah kuning (dari batu endapan masam di daerah gunung). Penggunaan lahan untuk pertanian dan perkebunan. Sedangkan konsentrasi uranium yang rendah terdapat pada jenis tanah regosol, latosol dan andosol (dari batu bekuan basis dan intermedier di daerah bukit sampai gunung),

podsolik merah kuning, latosol dan litosol (dari batu endapan dan bekuan di daerah bukit sampai gunung), mediteran merah kuning, grumosol dan regosol (dari batu endapan berkapur di daerah bukit dan gunung). Penggunaan lahan untuk perumahan dan hutan [8].

Konsentrasi kalium (K-40) yang tinggi (≥ 1 %) ada pada tanah podsolik merah kuning (dari batu endapan masam di daerah gunung), aluvial (dari endapan sungai dan danau), regosol (dari batu endapan berkapur di daerah bukit), dan grumosol (dari batu endapan dan bekuan di daerah bukit). Penggunaan lahan untuk pertanian dan perkebunan. Sedangkan konsentrasi kalium yang rendah terdapat pada jenis tanah latosol, regosol dan andosol (dari batu bekuan basis dan intermedier di daerah bukit dan gunung), dan andosol (dari batu bekuan basis dan intermedier di daerah gunung). Penggunaan lahan untuk perumahan [8].

Jika ditinjau dari laju dosis rata-rata setiap propinsi di Pulau Jawa, maka laju dosis di propinsi Jawa Tengah lebih tinggi daripada laju dosis di propinsi lain (Tabel 2). Sebagian besar laju dosis yang tinggi berada di wilayah Jawa Tengah yaitu di lokasi Jepara, Pati, Rembang dan Blora. Menurut Lembaga Penelitian Tanah Bogor tahun 1969, jenis tanah wilayah Jawa Tengah didominasi oleh tanah latosol, aluvial, dan grumosol; sehingga hamparan tanah di provinsi ini termasuk tanah yang mempunyai tingkat kesuburan yang relatif tinggi [10]. Sebaran Thorium di bagian utara Pulau Jawa antara 2,5 sampai 4 ppm, sedangkan di bagian selatan sekitar 1 sampai 2,5 ppm. Hal ini diakibatkan oleh batuan sedimen di daerah-daerah pertanian bagian utara Pulau Jawa mengandung konsentrasi thorium yang tinggi, bersumber dari penggunaan pupuk dari pertanian [8]. Laju dosis alam yang tinggi dapat berasal dari sinar kosmis, pajanan eksternal dari tanah dan bangunan berupa deret ^{238}U (^{226}Ra), ^{232}Th , dan dari ^{40}K , pajanan radon (^{222}Rn) dan thoron (^{220}Rn), serta pajanan internal selain dari radon, seperti ^{210}Po . Dua komponen laju dosis eksternal dari medan radiasi kosmis adalah berupa photon dan neutron, sedangkan radionuklida dari sinar kosmis yang menghasilkan laju dosis internal adalah ^{14}C , ^{22}Na , ^7Be , ^3H [11].

Secara umum data laju dosis rata-rata yang diperoleh dari hasil pengukuran di Pulau Jawa masih dalam kondisi normal, karena masih lebih rendah dibandingkan dengan laju dosis di tempat lain, yaitu di Iran, Ethiopia, Brasilia dan Belgia (Tabel 3) [11, 12, 13]. Akan tetapi rata-rata laju dosis radiasi gamma hasil pemantauan di Pulau Jawa ini, lebih tinggi dibandingkan rata-rata laju dosis di Sumatera, Jepang dan Saudi Arabia [14,

15, 16]. Berdasarkan laporan UNSCEAR (2000) bahwa laju dosis efektif rata-rata dunia yang berasal dari bumi akibat penyinaran radiasi gamma adalah 0,5 mSv/tahun, sedangkan laju dosis rata-rata sinar kosmis yaitu 0,40 mSv/tahun [17]. Dengan demikian hasil pengukuran laju dosis rata-rata di Pulau Jawa (0,46 mSv/tahun) masih lebih rendah daripada laporan UNSCEAR (2000).

Tabel 2. Laju Dosis Rata-Rata Setiap Propinsi Di Pulau Jawa

No	Propinsi	Laju Dosis Rata-Rata (nSv/jam)
1	Jawa Barat	38,57 ± 9,85
2	Jawa Tengah	81,86 ± 46,33
3	Yogyakarta	38,50 ± 1,67
4	Jawa Timur	30,53 ± 7,92
5	Banten	40,45 ± 7,42
6	DKI Jakarta [3]	49,89 ± 1,40

Tabel 3. Perbandingan laju dosis radiasi-gamma di Pulau Jawa dengan daerah tropis lain

L o k a s i	Rata-Rata Laju Dosis Radiasi-Gamma (nSv/jam)
Jawa	51,93 ± 36,53 (0,46 mSv/tahun)
Belgia [11]	285,19 ± 16,89 (2,5 mSv/tahun)
Iran [12]	55,90 ± 7,48 (0,49 mSv/tahun)
Brasilia [13]	65,80 ± 8,40 (0,58 mSv/tahun)
Etiopia [13]	72,10 ± 9,10 (0,63 mSv/tahun)
Sumatera [14]	50,32 ± 25,02 (0,44 mSv/tahun)
Jepang [15]	27,38 ± 5,23 (0,24 mSv/tahun)
Saudi Arabia [16]	17,80 ± 4,22 (0,16 mSv/tahun)

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Hasil pemantauan tingkat laju dosis radiasi-gamma di Pulau Jawa yaitu laju dosis tertinggi berada di lokasi Ujung Lemah Abang, Jepara, sedangkan laju dosis terendah berada di Garut. Laju dosis yang tinggi, akibat dari lokasi Ujung Lemah Abang,

Jepara banyak mengandung nuklida Th-232 dan anak luruhnya, nuklida U-238 dan anak luruhnya, serta mengandung nuklida K-40. Sedangkan di Garut berlaku sebaliknya.

2. Tingkat radiasi-gamma rata-rata di daerah pemantauan Pulau Jawa (0,46 mSv/tahun) masih lebih rendah daripada laju dosis efektif rata-rata dunia yang berasal dari bumi akibat penyinaran radiasi gamma adalah 0,5 mSv/tahun (laporan UNSCEAR, 2000).
3. Data dasar laju dosis radiasi-gamma lingkungan yang telah diperoleh ini baru mewakili sebagian wilayah Pulau Jawa, namun tidak mewakili wilayah Indonesia yang sangat luas, oleh karena itu perlu dilakukan pemantauan serupa untuk daerah lain di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

1. UNITED NATION SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION SOURCES AND EFFECTS OF IONIZING RADIATION, 1993, UNSCEAR 1993 Report to the General Assembly, UN, New York.
2. ABEL J, GONZALES and JEANNE ANDERER, 1989, Radiation Versus Radiation Nuclear Energy in Perspective, IAEA Bulletin Vol. 31, No. 2, Vienna.
3. MAKHSUN, SUTARMAN, ASEP WARSONA dan R. BUCHARI, 2004, Pemantauan Radiasi Gamma menggunakan Detektor Geiger Muller di Beberapa Lokasi DKI Jakarta, Prosiding Presentasi Ilmiah Keselamatan Radiasi dan Lingkungan IX, Puslitbang Keselamatan Radiasi dan Biomedika Nuklir, Badan Tenaga Nuklir Nasional, Jakarta, hal. 141-149.
4. SUTARMAN dan ASEP WARSONA, 1998, Pemantauan Total Alfa di Udara dan Paparan Radiasi Gamma di Kawasan dan Sekitar Pusat Pembangkit Listrik Tenaga Uap Paiton, Risalah Pertemuan Ilmiah Penelitian dan Pengembangan Aplikasi Isotop dan Radiasi 1997 / 1998, Buku 2 Kimia, Lingkungan, Proses Radiasi dan Industri, Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Atom Nasional, Jakarta, hal. 211-218.
5. EXPLORANIUM, 2001, *GR-130 miniSPEC User Manual*, USA.
6. GARMIN CORPORATION, 2001, *GPS III Plus Owner's Manual & Reference*, Taiwan.

7. PEMERINTAH DAERAH GARUT, 2006, Garut.go.id. Pemerintah Kabupaten Garut online, <http://www.garut.go.id/static/sekilas/geografi.php>.
8. UDIYANI, P. M., 2002, Sebaran Zat Radioaktif Di Lingkungan Dan Hubungannya dengan Perilaku Petani Dalam Penggunaan Pupuk (Studi Kasus Daerah- Daerah Pertanian Di Pulau Jawa), Disertasi, Program Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor, hal. 34-83.
9. IPTEK BADAN PENGAJIAN DAN PENERAPAN TEKNOLOGI (BPPT), 2007, Tenun Troso - Jepara, http://lc.bppt.go.id/iptek/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=89.
10. WIKIPEDIA, 2007, Jawa Tengah, dari Wikipedia Bahasa Melayu, http://ms.wikipedia.org/wiki/Jawa_Tengah.
11. VANMARCKE, H., 2000, UNSCEAR 2000: Sources of Ionizing Radiation, http://www.laradioactivite.com/pages/01_vie/unscear_naturel.pdf, Belgia.
12. DARYOUSH SHAHBAZI-GAHROUEI, 2003, Natural Background Radiation Dosimetry in the Highest Altitude Region of Iran". Journal of Radiation Research, Vol. 44,285-287, http://www.jstage.jst.go.jp/article/jrr/44/3/44_285/_article/-char/en.
13. GERMON, 1998, Global Environmental Radiation Monitoring Network, Annual Report 1993 Environmental Monitoring, CCC OPRI-Le Vésinet France.
14. MAKHSUN, KUSDIANA, dan SYARBAINI, 2006, Pemantauan Laju Dosis Radiasi Gamma Di Beberapa Propinsi Di Pulau Sumatera, Seminar Nasional Keselamatan, Kesehatan dan Lingkungan II, Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi (PTKMR), Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN), Jakarta.
15. IYOGI T, UEDA S, HISAMATSU S, KONDO K, HARUTA H, KATAGIRI H, KURABAYASHI M, NAKAMURA Y, and TSUJI N, 2002, Environmental Gamma Ray Dose Rate in Aomori Prefecture, Japan, Health Physics 2002, 82(4), 521-526, http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=11906142&dopt=Abstract.
16. AL-GHORABIE FAYEZ H., 2006, Measurements of Environmental Terrestrial Gamma Radiation Average Dose Rate in Three Mountainous Locations in the Western Region of Saudi Arabia, INIST-CNRS, <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsid=16413469>.
17. UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION, 2000, SOURCES AND EFFECTS OF IONIZING RADIATION., UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly with Scientific Annexes., Volume I: Sources., United Nations, New York, page 5.

TANYA JAWAB

Zainus S.

- Mohon dijelaskan, apa itu pekerjaan radiasi?
- Pekerjaan pengukuran yang dilakukan sepertinya juga telah dilakukan oleh unit lain, bahkan ada tesis S3 yang penelitiannya mengerjakan hal serupa. Apakah sebelum penelitian ini dilakukan telah dikoordinasikan atau dikomparasikan dengan kegiatan lain tersebut?
- Kami menganggap hasil penelitian ini bermanfaat. Bagaimana kesimpulannya terhadap laju dosis di calon lokasi PLTN, khususnya pengaruh terhadap beroperasinya PLTN?

Gatot Suhariyono

- Pekerjaan yang berhubungan dengan radiasi tapi menimbulkan laju dosis gamma yang lebih tinggi dari pada sebelumnya.
- Belum dikoordinasikan, tap data tesis S3 tersebut dipakai sebagai uji banding dan data kami lebih banyak dari pada S3 tersebut. Hasilnya pengukuran kami sama dengan tesis S3 yakni tinggi laju dosis gamma di Ujung Lemah Abang.
- Dilokasi PLTN perlu ditindak lanjuti dengan penelitian laju dosis dengan pemanfaatan tanah untuk pembangunan PLTN (misal buat deposisi limbah ke tanah tersebut).

Agus Taftazani

- Pengambilan data, apa sudah memperhitungkan cuaca, karena dari beberapa titik tidak diukur bersamaan?
- Data soil apa sudah juga diukur dan apa dipakai juga untuk kelengkapan data tersebut?

Gatot Suhariyono

- Data cuaca dan suhu juga dicatat pada saat pengukuran.
- Data kandungan radionuklida juga diukur di dalam soil (tanah) secara tidak langsung yaitu diukur di laboratorium dengan spektrometri gamma.

M. Yazid

- Laju dosis radiasi gamma yang anda ukur termasuk sinar kosmik tidak, karena saya tidak melihat adanya variabel tinggi tempat karena intensitas radiasi kosmis sangat dipengaruhi tinggi tempat dari permukaan laut.?

Gatot Suhariyono

- Laju dosis gamma lingkungan yang diukur tidak termasuk sinar kosmik, karena alat yang digunakan hanya pada 60 keV sampai 3000 keV, sedangkan sinar kosmik diatas 3000 keV.

Mulyono D

- Mengapa sampel tempat pengukuran laju dosis sebanyak itu. Apakah sudah cukup dengan sampel yang lebih sedikit dari itu, untuk menghemat biaya.?
- Mengapa di lokasi calon tapak PLTN, laju dosisnya lebih tinggi dari tempat lain?

Gatot Suhariyono

- Sampel diambil banyak untuk mengetahui laju dosis gamma lingkungan sebanyak mungkin di beberapa lokasi di pulau Jawa sehingga lebih akurat mewakili laju dosis gamma lingkungan di P. Jawa.
- Karena kandungan Thorium-232 tinggi di lokasi calon tapak PLTN.