

# PENGUKURAN RADIOAKTIVITAS DAN RADIASI-GAMMA LINGKUNGAN DI PROVINSI LAMPUNG

Amir Supriyanto

Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Lampung  
Jl. S. Brojonegoro 1 Bandar Lampung 35145

Diterima 1 September 2005, perbaikan 29 November 2005, disetujui untuk diterbitkan 6 Desember 2005

## ABSTRACT

The activity made in every place, either involving nuclear energy or not, it naturally has the potential of radioactivity. The measurement of radioactivity should be taken in both resident area and in the centre of food production, including the Lampung Province. The radioactivity data at the Lampung Province were needed to know the level of the radiation, so it would give comfortable living and safety to the residents of Lampung Province. The researches were carried out on various substances including foods, water, air, grass, and soil. Before the radioactivity measurement is taken, each of the samples was prepared as a concentrate. The results showed that the level of radiation both radioactivity and gamma in every place taken at Lampung Province in general were normal.

*Keywords:* radioactivity, gamma radiation

## 1. PENDAHULUAN

Disadari atau tidak bahwa penduduk di dunia selalu mendapat radiasi yang berasal dari berbagai sumber radiasi, baik yang berasal dari alam maupun sumber radiasi buatan. Sumber radiasi alam dapat berasal dari dalam bumi dan ruang angkasa (kosmik), radiasi buatan berasal dari kegiatan manusia dalam bidang medik, industri, dan percobaan-percobaan nuklir.

Menurut Lubis<sup>1</sup>, tujuan utama pemantauan radioaktivitas lingkungan adalah untuk memberikan jaminan/pembuktian kepada Badan Pengawas dan masyarakat bahwa dampak radiologi yang ditimbulkan dalam batasan yang diizinkan/diperkenankan. Di samping itu juga sebagai sarana ilmiah dalam mempelajari pola penyebaran, faktor perpindahan/pemekatan dan migrasi radionuklida di berbagai komponen lingkungan hidup.

Menurut United Nations Scientific Committee on Effect of Radiation (UNCEAR)<sup>2</sup>, penyinaran radiasi yang diterima penduduk dunia sebagian besar dari sumber radiasi alam sekitar 87%, yang terdiri atas radiasi radon (51%), radiasi sinar kosmik (10%), radiasi interna (12%), 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, dan kurang dari 0,4% kegiatan lain). Total dosis radiasi yang diterima penduduk dunia yang berasal dari sumber radiasi

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.

Daerah yang tidak terdapat aktivitas menggunakan energi nuklir juga terdapat radiasi-gamma lingkungan secara alami. Provinsi Lampung sebagai daerah agroindustri yang banyak menghasilkan bahan makanan (diantaranya ada yang dipasarkan di daerah lain), perlu diukur radiasi-gamma lingkungannya agar dapat diketahui bahwa hasil agroindustri di daerah ini terbebas dari radiasi. Untuk mendapatkan data dasar radioaktivitas dan radiasi-gamma lingkungan di Provinsi Lampung perlu dilakukan pengukuran tingkat radioaktivitas di beberapa daerah kabupaten dan kota. Pengukuran tersebut perlu dilakukan karena belum ada pengukuran tingkat radiasi lingkungan yang dilakukan di provinsi tersebut, terutama di daerah penghasil bahan makanan kebutuhan pokok.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Persiapan Sampel

Pengukuran radioaktivitas dan radiasi-gamma lingkungan dilakukan pada 8 lokasi, yaitu: Desa Tarahan (Lampung Selatan), Kelurahan Gedongmeneng (Bandar Lampung), Desa Wonoharjo dan Tanjung Jati (Tanggamus), Desa Purwosari (Metro, Lampung Tengah, Lampung

Timur), Desa Menggala (Tulang Bawang), Desa Hanakau (Lampung Barat), dan Desa Bandar Putih (Lampung Utara, Waykanan). Contoh sampel yang dikumpulkan adalah air, tanah, rumput, dan bahan makanan. Pengumpulan dan analisis dilakukan menggunakan prosedur baku yang ditetapkan oleh BATAN<sup>3</sup>.

## 2.2. Tanah

Pengambilan tanah dilakukan menggunakan bor tanah pada kedalaman 0—5 cm dan 5—20 cm sebanyak 2—5 kg.. Sampel tanah dikumpulkan ke dalam kantong plastik yang telah diberi label (memuat lokasi dan tanggal pengambilan sampel). Tempat pengambilan sampel dipilih jauh dari pepohonan dan gedung (tempat terbuka) serta bukan tanah urugan. Tanah dibersihkan dari akar-akar dan batu-batuan, kemudian dijemur atau dimasukkan ke dalam oven pada suhu 110 °C selama 2 jam agar terbebas dari uap air. Sampel tanah yang telah kering digerus dengan grinder dan diayak sehingga diperoleh butiran berukuran ± 2 mm. Kemudian sampel diambil sekitar 1 liter secara statistik dan ditutup rapat dengan lem araldite serta disimpan selama satu bulan. Selanjutnya sampel tanah siap dicacah untuk menentukan konsentrasi <sup>137</sup>Cs, <sup>228</sup>Th, <sup>226</sup>Ra, dan <sup>40</sup>K dalam tanah.

## 2.3. Air

Sampel air diambil dari sumur atau sumber air minum sebanyak 75—100 liter, ditambah dengan pengemban Asam Nitrat berasap, Strontium, dan Cesium pengemban secukupnya di dalam jerigen (yang telah diberi kode sampel). Setiap 1 liter sampel ditambahkan 1 liter asam nitrat berasap. Sampel air diendapkan dengan resin penukar kation Dowex 50 W X 8, 50—100 mesh. Selanjutnya endapan air dalam resin diproses untuk menentukan konsentrasi <sup>90</sup>Sr (dalam bentuk endapan Yitrium Oksalat) dan <sup>137</sup>Cs (dalam bentuk larutan Cesium Nitrat) menggunakan metode isolasi (pemisahan secara radiokimia)

Penentuan konsentrasi radionuklida alam <sup>228</sup>Th, <sup>226</sup>Ra, dan <sup>40</sup>K hanya diperlukan contoh air sebanyak 20 liter. Air diuapkan sehingga tinggal ± 1 liter kemudian dituang ke dalam beker (diberi label), ditutup rapat dengan lem araldite, dan disimpan sekitar satu bulan. Selanjutnya sampel air siap untuk diukur kandungan radionuklida <sup>228</sup>Th, <sup>226</sup>Ra, dan <sup>40</sup>K dalam air.

## 2.3. Udara

Pengumpulan sampel udara (*airborn dust*) dilakukan dengan menggunakan penghisap udara

(*air sampler*) pada ketinggian sekitar 1,5 m dari permukaan tanah, dengan laju hisap 120 liter permenit selama 60 menit. Lokasi pengambilan sampel di tempat terbuka, jauh dari pohon-pohon dan gedung yang tinggi. Udara tersebut dialirkan melalui kertas penapis (*glass microfiber filter*) GF/F Whatman berdiameter 47 mm. Untuk menentukan konsentrasi alfa dan beta total, sampel disimpan selama 3 hari atau lebih sebelum dicacah.

## 2.4. Rumput dan Bahan Makanan

Sampel rumput dikumpulkan sebanyak 1—2 kg basah yang diambil sekitar 2 cm di atas permukaan tanah, kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik (diberi label). Selanjutnya dijemur atau dikeringkan menggunakan oven pada suhu 110 °C selama 24 jam sampai uap air yang terkandung dalam sampel menguap. Sampel rumput yang sudah kering dipotong-potong, digerus dan diayak (seperti sampel tanah). Sampel diabukan ke dalam tungku pada suhu kurang dari 450 °C (sampai putih, hilang kandungan karbonnya). Sampel rumput yang berbentuk abu putih tersebut dimasukkan ke dalam tabung plastik (diberi label), kemudian ditutup rapat dengan lem araldite dan disimpan selama satu bulan. Setelah itu sampel siap dicacah untuk menentukan konsentrasi <sup>137</sup>Cs, <sup>228</sup>Th, <sup>226</sup>Ra, dan <sup>40</sup>K.

Sampel bahan makanan dikumpulkan dari pasar atau ladang sebanyak 2—10 kg, bergantung dari jenis sampel yang mengandung air biasanya diperlukan sampel relatif banyak. Sampel bahan makanan yang dikumpulkan dari beberapa lokasi di Provinsi Lampung terdiri atas beras, jagung, pisang, dan sayur-sayuran (wortel, terong, buncis, kacang panjang, labusiam, kol, bayam, dan cabe). Persiapan sampel bahan makanan selanjutnya diproses sama dengan perlakuan pada sampel rumput.

## 2.5. Pengukuran Sampel

### 2.5.1. Konsentrasi <sup>137</sup>Cs

Penentuan konsentrasi <sup>137</sup>Cs di dalam sample dilakukan dengan Spektrometer- gamma, menggunakan detector semikonduktor Germanium berkemurnian tinggi (HP-Ge), selama 17 jam. Menurut IAEA<sup>4</sup> perhitungan konsentrasi <sup>137</sup>Cs dalam sampel adalah seperti pada Persamaan 1-6 berikut:

$$K^{137}Cs = \frac{(C_t - C_b) \pm S_d}{EP_\gamma F_k W} \dots\dots\dots (1)$$

dengan:  $C_t$  = laju cacah total (cps)  
 $C_b$  = laju cacah latar belakang (*background*)  
 $E$  = Efisiensi pencacahan (%)

$P_\gamma$  = intensitas sinar gamma (%),  $P_\gamma$  dari  $^{137}\text{Cs} = 85\%$

$W$  = berat sampel atau volume sampel

$F_k$  = faktor koreksi serapan diri

$S_d$  = simpangan baku

$$E = \frac{C_{st}}{A_{st} P_\gamma} 100\% \dots\dots\dots (2)$$

dengan:  $C_{st}$  = cacah sumber standar radioaktif dan  
 $A_{st}$  = aktivitas sumber standar.

$$F_k = \frac{\mu t}{1 - e^{-\mu t}} \dots\dots\dots (3)$$

dengan:  $t$  = tebal sampel (cm) dan  
 $\mu$  = faktor serapan linear ( $\text{cm}^{-1}$ )

Harga  $\mu$  diperoleh dari:

$$\mu = \mu_m \rho \dots\dots\dots (4)$$

dengan:  $\mu_m$  = faktor serapan massa yang  
 harganya bergantung pada energi sinar- $\gamma$ , yaitu

$$\mu_m = 1,287 e^{-0.435} \dots\dots\dots (5)$$

dan  $\rho$  adalah kerapatan sampel.

Standar deviasi atau simpangan baku mengikuti distribusi Poisson

$$S_d = \sqrt{\frac{C_t - C_b}{T}} \dots\dots\dots (6)$$

dengan:  $T$  = waktu cacah (sekon)

### 2.5.2. Konsentrasi $^{90}\text{Sr}$

Penentuan konsentrasi  $^{90}\text{Sr}$  di dalam sampel menggunakan pencacah berlatar belakang sistem alfa/beta dengan detektor proporsional atau P-10 (Gas alir campuran 90% Argon dan air 10%), selama 18 jam. Perhitungan konsentrasi dalam sampel (Bq/kg atau Bq/l), menurut IAEA<sup>3</sup> menggunakan rumus pada Persamaan 7:

$$K^{137}\text{Sr} = \frac{(C_t - C_b) \pm S_d}{EF_k W} \dots\dots\dots (7)$$

### 2.5.3. Konsentrasi $^{228}\text{Th}$ , $^{226}\text{Ra}$ , dan $^{40}\text{K}$

Penentuan konsentrasi  $^{228}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ , dan  $^{40}\text{K}$  di dalam sampel dilakukan dengan spectrometer gamma menggunakan detektor semikonduktor Germanium berkemurnian tinggi (HP-Ge), selama 18 jam. Perhitungan  $^{228}\text{Th}$  ditentukan menggunakan energi puncak 241,98 eV dengan  $P_\gamma = 40,4\%$ , konsentrasi  $^{226}\text{Ra}$  ditentukan menggunakan energi puncak 609,31 eV dengan  $P_\gamma = 44,6\%$ , dan konsentrasi  $^{40}\text{K}$  ditentukan menggunakan energi puncak 1.460,75 eV dengan

$$P_\gamma = 10,6\%$$

### 2.5.4 Konsentrasi alfa dan beta total

Penentuan konsentrasi alfa total dan beta total di dalam sampel dilakukan pencacahan dengan pencacah berlatar belakang rendah sistem alfa/beta dengan detector proporsional gas alir selama 3 jam. Perhitungan konsentrasi alfa atau beta dalam sampel (Bq/kg atau Bq/l) menurut IAEA<sup>4</sup> menggunakan rumus pada Persamaan 8:

$$\text{Konsentrasi } \alpha/\beta = \frac{(C_t - C_b) \pm S_d}{EW} \dots\dots\dots (8)$$

### 2.5.5. Pengukuran Laju Dosis Serap

Pengukuran radiasi-gamma lingkungan menggunakan perangkat mini-instrumen radiasi-gamma lingkungan model 6-80. Alat ini dilengkapi dengan tabung GM tipe MC-71 sebagai detector dan beberapa alat elektronik pendukung, yaitu: tegangan tinggi (HV), ratemeter, penyekala otomatis dengan preset time, daya dari baterai, layar peraga berdiameter 70 mm, pen skala logaritmik dengan rentang 0,05—75  $\mu\text{Gy}/\text{jam}$ . Alat tersebut portable ( $m = 1,2 \text{ kg}$ ) dan batas maksimum skala adalah enam digit.

## 2.6. Analisis Data

Hasil pengukuran konsentrasi radionuklida di dalam sampel tersebut harus dibandingkan dengan batas terendah pendeteksian (*lower limit of detection = LLD*) alat yang digunakan atau juga dapat dibandingkan dengan batas konsentrasi deteksi minimum (*minimum detectable concentration = MDC*). *LLD* dan *MDC* menurut IAEA<sup>4</sup> ditentukan dengan Persamaan 9 dan 10:

$$LLD = \frac{2,33\sqrt{C_b/T_b}}{EP_\gamma} \dots\dots\dots (9)$$

$$\text{dan } MDC = \frac{2,33\sqrt{C_b/T_b}}{EP_\gamma F_k W} \dots\dots\dots (10)$$

dengan selang kepercayaan 68 %.

Jika konsentrasi radionuklida dalam sampel lebih kecil dari atau sama dengan *MDC* dikatakan bahwa konsentrasi radionuklida dalam sampel yang diukur tidak terdeteksi, sebaliknya jika lebih besar dari pada *MDC* radionuklida yang terkandung sampel terdeteksi.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran radioaktivitas dan radiasi lingkungan di beberapa lokasi Provinsi Lampung disajikan pada Tabel 1 - 5.

Tabel 1, memperlihatkan bahwa konsentrasi  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{228}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ , dan  $^{40}\text{K}$  di dalam tanah pada kedalaman 0—5 cm dan 5—20 cm bervariasi bergantung dari lokasi pengambilan sampel. Konsentrasi  $^{137}\text{Cs}$  umumnya relatif tinggi pada kedalaman 0—5 cm, karena  $^{137}\text{Cs}$  merupakan hasil belahan inti sebagai jatuhnya debu radioaktif hasil percobaan/ ledakan bom nuklir. Sehingga kemungkinan besar radionuklida tersebut terakumulasi di bagian tanah permukaan (*top soil*). Adapun konsentrasi radionuklida alam seperti  $^{228}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ , dan  $^{40}\text{K}$  relatif tinggi di bagian tanah berkedalaman 5—20 cm, karena radionuklida tersebut merupakan alam berasal dari kerak bumi, yang disebut radionuklida primordial.

Konsentrasi radionuklida  $^{137}\text{Cs}$  di dalam tanah yang paling tinggi di daerah Bandar Putih (Lampung Utara) baik pada kedalaman 0—5 cm maupun 5—20 cm, tetapi perbedaan tersebut masih dalam rentang radioaktivitas latar belakang (*background*).

Konsentrasi radionuklida alam yang paling tinggi di daerah Lampung bagian utara yaitu di desa Menggala dan Bandar Putih. Hal ini disebabkan kemungkinan ada kaitannya dengan struktur geologi dengan daerah Bangka. Tanah di daerah Bangka umumnya sebagian besar mengandung batuan monasit, yang banyak mengandung radionuklida alam terutama  $^{228}\text{Th}$  beserta anak luruhnya.

Tabel 2, memperlihatkan bahwa konsentrasi radionuklida  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{228}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ , dan  $^{40}\text{K}$  di dalam air bervariasi. Konsentrasi radionuklida alam lebih tinggi dari pada radionuklida hasil belahan inti. Sehingga diperkirakan bahwa tingkat radioaktivitas yang terkandung di dalam air sumur penduduk di Provinsi Lampung umumnya berasal dari radionuklida alam yang berasal dari dalam tanah. Sedangkan konsentrasi radionuklida jatuhnya radioaktif ( $^{137}\text{Cs}$  dan  $^{90}\text{Sr}$ ) sangat rendah (dalam orde mBq/l). Data tersebut masih jauh di bawah konsentrasi tertinggi yang diizinkan berdasarkan Keputusan Dirjen BATAN, No: 293/DJ/VII/1995. Batas konsentrasi radionuklida tertinggi yang diizinkan di dalam air adalah  $7 \times 10^2$  Bq/l untuk  $^{137}\text{Cs}$ ; 4,0 Bq/l untuk  $^{90}\text{Sr}$ ;  $3 \times 10^3$  Bq/l untuk  $^{228}\text{Th}$ ; 4,0 Bq/l untuk  $^{226}\text{Ra}$ ; dan  $10^4$  untuk  $^{40}\text{K}^5$ .

Tabel 3, memperlihatkan bahwa konsentrasi radionuklida  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{228}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ , dan  $^{40}\text{K}$  di dalam rumput bervariasi. Konsentrasi radionuklida di dalam rumput paling tinggi adalah  $^{40}\text{K}$  di daerah Bandar Putih Lampung Utara, kerana tanahnya banyak mengandung kapur, sedangkan konsentrasi radionuklida yang lain relatif rendah.

Tabel 4, memperlihatkan bahwa konsentrasi radionuklida  $^{137}\text{Cs}$ , dan  $^{90}\text{Sr}$  di dalam bahan makanan (sayur-sayuran) sangat rendah, dalam orde mBq/kg.

Paling tinggi terkandung dalam bayam untuk  $^{90}\text{Sr}$  dan pisang untuk  $^{137}\text{Cs}$  di daerah Gisting

**Tabel 1.** Konsentrasi radionuklida di dalam tanah (Bq/kg) di Provinsi Lampung

Lokasi	Kode Lokasi	$^{137}\text{Cs}$		$^{228}\text{Th}$		$^{226}\text{Ra}$		$^{40}\text{K}$	
		0—5 cm	5—20 cm	0—5 cm	5—20 cm	0—5 cm	5—20 cm	0—5 cm	5—20 cm
Tarahan (Lamsel)	01	1,36 ± 0,12	0,71 ± 0,04	44,75 ± 0,57	55,32 ± 0,57	12,65 ± 0,57	15,75 ± 0,14	217,81 ± 2,57	235,27 ± 2,35
Gedongmeneng (B. Lampung)	02	1,98 ± 0,13	0,94 ± 0,07	35,5 ± 0,26	123,15 ± 1,25	2,50 ± 0,67	20,71 ± 0,15	246,25 ± 2,66	271,85 ± 2,40
Purwosari (Lamteng)	03	1,53 ± 0,12	0,79 ± 0,06	58,72 ± 0,42	47,21 ± 0,35	29,63 ± 0,65	31,07 ± 0,21	185,15 ± 2,80	113,71 ± 1,76
Wonoharjo (Tanggamus)	04	1,90 ± 0,21	0,91 ± 0,07	42,57 ± 0,55	82,71 ± 0,76	9,45 ± 0,36	17,81 ± 0,16	250,18 ± 2,85	179,69 ± 1,84
Tanjung Jati (Tanggamus)	05	1,58 ± 0,12	0,75 ± 0,05	48,67 ± 0,56	119,01 ± 1,24	48,60 ± 0,82	50,07 ± 0,54	254,56 ± 3,00	437,01 ± 3,90
Hanakau (Lambar)	06	1,53 ± 0,22	0,73 ± 0,05	65,32 ± 0,63	149,89 ± 1,44	52,63 ± 1,82	57,71 ± 0,67	320,94 ± 3,95	341,71 ± 3,04
Menggala (Tlg.Bawang)	07	1,55 ± 0,11	0,67 ± 0,07	36,50 ± 0,61	137,36 ± 1,04	65,12 ± 1,67	61,91 ± 0,64	424,68 ± 4,68	425,11 ± 3,98
Bandar Putih (Lampura)	08	2,21 ± 0,13	1,01 ± 0,12	48,25 ± 1,72	171,45 ± 1,56	64,47 ± 1,68	70,71 ± 0,04	413,89 ± 4,82	438,61 ± 4,87
Rata-rata		1,87 ± 0,17	0,89 ± 0,07	47,25 ± 0,38	110,76 ± 0,38	38,44 ± 1,36	40,71 ± 0,17	289,18 ± 1,35	305,37 ± 0,95

Keterangan:  $MDC^{137}\text{Cs} = 0,65 \text{ Bq/kg}$ ;  $MDC^{228}\text{Th} = 0,70 \text{ Bq/kg}$ ;  $MDC^{226}\text{Ra} = 1,15 \text{ Bq/kg}$ ; dan  $MDC^{40}\text{K} = 3,80 \text{ Bq/kg}$

**Tabel 2.** Konsentrasi radionuklida di dalam air ( $10^{-3}$  Bq/l) di Provinsi Lampung

Lokasi	Kode Lokasi	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{228}\text{Th}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{40}\text{K}$
Tarahan (Lamsel)	01	< 0,96	< 0,85	< 19,10	$1,65 \pm 0,01$	$201,29 \pm 5,20$
Gedongmeneng (B. Lampung)	02	$1,65 \pm 0,01$	< 0,85	$1,65 \pm 0,01$	< 45,07	< 128,96
Purwosari (Lamteng)	03	< 0,96	< 0,85	< 19,10	< 45,07	$154,84 \pm 5,19$
Wonoharjo (Tanggamus)	04	< 0,96	$1,21 \pm 0,48$	$1,65 \pm 0,01$	$1,65 \pm 0,01$	$289,02 \pm 5,21$
Tanjung Jati (Tanggamus)	05	< 0,96	< 0,85	< 19,10	< 45,07	< 128,96
Hanakau (Lambar)	06	< 0,96	< 0,85	< 19,10	< 45,07	< 128,96
Menggala (Tlg.Bawang)	07	< 0,96	< 0,85	< 19,10	< 45,07	< 128,96
Bandar Putih (Lampura)	08	< 0,96	< 0,85	< 19,10	< 45,07	< 128,96
Rata-rata		$1,65 \pm 0,01$	$1,21 \pm 0,48$	$1,65 \pm 0,01$	$1,65 \pm 0,01$	$215,05 \pm 3,00$

Keterangan:  $MDC^{137}\text{Cs} = 0,96 \text{ mBq/l}$ ;  $MDC^{228}\text{Th} = 0,85 \text{ mBq/l}$ ;  $MDC^{226}\text{Ra} = 19,10 \text{ mBq/l}$ ;  $MDC^{40}\text{K} = 128,96 \text{ mBq/l}$ ; dan tanda (<) lebih kecil dari MDC

**Tabel 3.** Konsentrasi radionuklida di dalam rumput (Bq/kg basah) di Provinsi Lampung

Lokasi	Kode Lokasi	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{228}\text{Th}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{40}\text{K}$
Tarahan (Lamsel)	01	< 0,30	< 0,18	< 0,07	$0,40 \pm 0,01$	< 1,39
Gedongmeneng (B. Lampung)	02	< 0,30	$0,45 \pm 0,12$	< 0,07	$0,60 \pm 0,01$	< 1,39
Purwosari (Lamteng)	03	$0,69 \pm 0,19$	< 0,18	< 0,07	$0,68 \pm 0,01$	< 1,39
Wonoharjo (Tanggamus)	04	$0,43 \pm 0,30$	< 0,18	< 0,07	$0,41 \pm 0,01$	< 1,39
Tanjung Jati (Tanggamus)	05	< 0,30	$0,39 \pm 0,07$	< 0,07	$0,65 \pm 0,01$	< 1,39
Hanakau (Lambar)	06	< 0,30	< 0,18	< 0,07	$0,33 \pm 0,01$	< 1,39
Menggala (Tlg.Bawang)	07	< 0,30	< 0,18	< 0,07	$0,52 \pm 0,01$	$7,34 \pm 0,01$
Bandar Putih (Lampura)	08	< 0,30	< 0,18	< 0,07	< 0,28	$13,69 \pm 0,01$
Rata-rata		$0,56 \pm 0,17$	$0,42 \pm 0,07$	-	$0,51 \pm 0,003$	$10,52 \pm 0,002$

Keterangan:  $MDC^{137}\text{Cs} = 0,30 \text{ Bq/kg}$ ;  $MDC^{90}\text{Sr} = 0,18 \text{ Bq/kg}$ ;  $MDC^{228}\text{Th} = 0,07 \text{ Bq/kg}$ ;  $MDC^{226}\text{Ra} = 0,28 \text{ Bq/kg}$ ; dan  $MDC^{40}\text{K} = 1,39 \text{ Bq/kg}$

(Tanggamus). Data tersebut masih dalam kondisi normal, karena masih disekitar harga batas deteksi alat cacah untuk tingkat radioaktivitas lingkungan.

Tabel 5, memperlihatkan bahwa konsentrasi alfa total dan beta total di udara serta laju dosis radiasi-gamma bervariasi dan umumnya masih rendah jika

dibandingkan dengan batas tertinggi yang diizinkan Batas konsentrasi baik alfa total maupun beta total (dengan anggapan tidak mengandung radionuklida  $^{233}\text{Pa}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$ ,  $^{242}\text{Pu}$ , dan  $^{249}\text{Pu}$ ) adalah  $3 \times 10^{-6} \text{ Bq/l}$ , karena udara di daerah Lampung tidak ada fasilitas nuklir.

**Tabel 4.** Konsentrasi radionuklida di dalam bahan makanan (Bq/kg basah) di Provinsi Lampung

Lokasi	Jenis contoh	Massa contoh (kg)	Konsentrasi (Bq/kg)	
			<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr
Wonoharjo, Tanggamus (04)	Wortel	10,00	< 0,006	< 0,004
	Teromng	9,54	< 0,007	< 0,004
	Sawi	9,45	< 0,006	< 0,004
	Buncis	2,36	< 0,028	0,027 ± 0,024
	Kacang panjang	3,43	0,021 ± 0,013	< 0,011
Liwa, Lambar (06)	Labusiam	3,53	< 0,019	< 0,011
	Kol	9,89	< 0,007	< 0,004
	Jagung	1,57	< 0,042	< 0,025
	Beras	5,00	0,025 ± 0,016	< 0,008
Gisting, Tanggamus (05)	Bayam	1,61	0,023 ± 0,014	0,035 ± 0,027
	Cabe	4,76	< 0,006	< 0,008
	Pisang	5,24	0,031 ± 0,011	< 0,007
Rata-rata			0,025 ± 0,007	0,031 ± 0,002

*Keterangan: tanda (<) berarti lebih kecil dari MDC*

**Tabel 5.** Konsentrasi alfa total, beta total laju di udara dan laju dosis radiasi-gamma

Lokasi	Kode lokasi	Konsentrasi (x 10 <sup>-7</sup> Bq/l)	Beta total	Laju dosis (nGy/jam)
		Alfa total	Beta total	
Tarahan (Lamsel)	01	2,50 ± 1,48	8,40 ± 1,24	79
Gedongmeneng (B. Lampung)	02	< 2,20	2,87 ± 0,12	80
Purwosari (Lamteng)	03	2,50 ± 1,48	8,64 ± 1,58	86
Wonoharjo (Tanggamus)	04	2,78 ± 1,48	10,45 ± 2,76	80
Tanjung Jati (Tanggamus)	05	< 2,20	< 0,05	68
Hanakau (Lambar)	06	< 2,20	< 0,05	80
Menggala (Tlg.Bawang)	07	< 2,20	4,76 ± 1,85	72
Bandar Putih (Lampura)	08	< 2,20	5,67 ± 1,34	98
Rata-rata		2,59 ± 0,85	6,80 ± 0,68	80 ± 10

*Keterangan: Tanda (<) berarti lebih kecil dari MDC*

*Dalam kasus ini MDC alfa total = 2,20 x 10<sup>-7</sup> Bq/l dan MDC beta total = 0,05 x 10<sup>-7</sup> Bq/l*

Laju dosis serap radiasi-gamma untuk setiap daerah penyelidikan hampir sama yaitu berkisar 68—98 nGy/jam, dengan rata-rata adalah (80 ± 10) nGy/jam. Data tersebut masih dalam keadaan normal untuk daerah Sumatera, karena data ini lebih rendah dibandingkan pemantauan radiasi-gamma lingkungan beberapa daerah di Jawa, yaitu berkisar dari 45-102 nGy/jam, dengan rata-ratanya (56 ± 5)nGy/jam<sup>6</sup>.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

##### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran tingkat radioaktivitas dan radiasi-gamma lingkungan memperlihatkan bahwa keadaan lingkungan di

Provinsi Lampung dalam kondisi normal. Tidak diperoleh data anomali tingkat radioaktivitas dan radiasi-gamma baik yang berasal dari jatuhnya radioaktif maupun radionuklida alam di beberapa daerah penyelidikan. Walaupun demikian perlu dilakukan pengukuran tingkat radioaktivitas dan radiasi-gamma lingkungan secara periodik untuk kepentingan keselamatan radiasi, terutama daerah-daerah yang dianggap berpotensi melepaskan radiasi, misalnya daerah tambang bawah tanah dan daerah pemanfaatan sumber air panas untuk kesehatan dan rekreasi.

##### 4.2 Saran

Penelitian seperti ini perlu dikembangkan ke beberapa daerah Indonesia lainnya, agar segera diperoleh data dasar tingkat radioaktivitas dan

radiasi-gamma lingkungan secara lengkap. Dalam penelitian ini perlu melibatkan perguruan tinggi (peneliti) setempat, sehingga pemasyarakatan nuklir dapat dikembangkan di seluruh wilayah Indonesia, terutama yang berkaitan dengan pemanfaatan Iptek nuklir untuk kesejahteraan masyarakat dan pembangunan nasional yang berwawasan lingkungan.

Pemantauan lingkungan merupakan ketentuan yang diberlakukan, sehingga bila terjadi kecenderungan peningkatan penerimaan dosis oleh penduduk di sekitar fasilitas nuklir atau daerah penghasil bahan radioaktif dapat secara dini diketahui. Sehingga kegiatan nuklir dapat dihentikan segera, dengan demikian kerugian terhadap masyarakat dan lingkungan dapat diminimalisis serendah-rendahnya. Kegiatan pemanfaatan, pengembangan dan penguasaan iptek nuklir di Indonesia diawasi oleh Badan Pengawas Tenaga Nuklir atau Bapeten<sup>7</sup>.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

1. Lubis, E. dan Sucipta. 1999. Features, Events and Processes (FEP's) dalam Pengkajian Keselamatan Penyimpanan Limbah Tanah Dangkal di S. Muria. *J. Tek. Pengolahan Limbah.*, **2** (2): 1-18.
2. United Nations Scientific Committee on Effect of Radiation (UNCEAR). 1993. Sources and Effect of Ionizing Radiation. UNCEAR Report to the General Assembly. UN, New York.
3. Keselamatan Kerja dan Kesehatan. PPNY-BATAN, 20—24 Desember 1993, Yogyakarta. Hal 61-72
4. IAEA. 1988. Measurement of Radionuclide in Food and Environment. A Guidebook Technology Report Serial. No.295 IAEA, Vienna.
5. Aminjoyo, S. 1993. Ketentuan Keselamatan Kerja Terhadap Radiasi. *Makalah Pada Penyegaran Proteksi Radiasi Tingkat Teknisi, Bidang*
6. Sutarman. 1996. Pemanfaatan Program Komputer SR-245 Untuk Perkiraan Dosis Terikat Dari Masukan <sup>137</sup>Cs, <sup>90</sup>Sr, dan <sup>245</sup>Ra Pada Bahan Pangan dan Air Minum di Pulau Jawa. *Prosiding Komputasi dalam Sains dan Teknologi Nuklir III BATAN*, 23—25 April 1996. Jakarta. Hal: 71—79.
7. Lubis, E.. 2003. Keselamatan Radiasi Lingkungan dalam Pengelolaan Limbah Radioaktif di Indonesia. *J. Tek. Pengolahan Limbah.*, **6** (2): 11-20.