

# Pemetaan Tingkat Radioaktivitas Lingkungan pada Tanah di Kota Padang

Yola Despriani<sup>1\*</sup>, Dian Milvita<sup>1</sup>, Kusdiana<sup>2</sup>, Radhia Pradana<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas, Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163

<sup>2</sup>Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi-BATAN  
Jl. Lebak Bulus Raya No.49, Jakarta Selatan, 12440

\*yola24despriani@gmail.com

## ABSTRAK

Telah dilakukan pemetaan tingkat radioaktivitas lingkungan pada tanah di Kota Padang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui aktivitas spesifik dari radionuklida alam Ra-226, Th-232, K-40 dan radionuklida buatan Cs-137 yang terdapat pada tanah di Kota Padang, kemudian ditinjau berdasarkan PERKA BAPETEN No. 9 tahun 2009. Sampel tanah dikumpulkan dari 20 lokasi pada kedalaman 0-5 cm. Aktivitas spesifik sampel tanah diukur menggunakan seperangkat spektrometer gamma selama 17 jam. Peta tingkat radioaktivitas dibuat menggunakan aplikasi MapInfo 10.5. Hasil pengukuran menunjukkan aktivitas spesifik tertinggi terdapat pada radionuklida K-40 berkisar antara  $38,04 \pm 22,86$  sampai  $1042,08 \pm 76$  Bq/kg, dan terendah pada radionuklida Cs-137 berkisar antara 0 sampai  $1,66 \pm 0,15$  Bq/kg. Aktivitas spesifik Ra-226 berkisar antara  $4,05 \pm 0,29$  sampai  $53,44 \pm 2,91$  Bq/kg dan Th-232 berkisar antara  $6,33 \pm 0,45$  sampai  $109,39 \pm 5,75$  Bq/kg. Berdasarkan PERKA BAPETEN No.9 tahun 2009, aktivitas spesifik radionuklida yang terdapat di dalam sampel tanah Kota Padang masih berada di bawah ambang batas yang diperbolehkan yaitu untuk Ra-226 dan Th-232 adalah 1000 Bq/kg dan untuk K-40 adalah 10000 Bq/kg. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat radioaktivitas pada tanah di Kota Padang masih dalam batas aman dan belum menimbulkan bahaya kesehatan terhadap masyarakat yang tinggal di daerah tersebut.

Kata kunci: radioaktivitas, radionuklida, aktivitas spesifik, tanah, spektrometer gamma.

## ABSTRACT

*Measurement the level of environmental radioactivity of soil samples in Padang City has been done. The purpose of this research is to determine the specific activity of natural radionuclide such as Ra-226, Th-232, K-40 and anthropogenic radionuclide such as Cs-137 contained in soil samples of Padang City, then compared it with PERKA BAPETEN No 9/2009. The soil samples were collected from 20 locations with depth of 0-5 cm. Specific activity of soil samples were measured using gamma spectrometer for 17 hours. Map of radioactivity level were made using MapInfo 10.5 application. The highest specific activity was found in K-40 ranged from  $38.04 \pm 22.86$  Bq/kg to  $1042.08 \pm 76$  Bq/kg, and the lowest in Cs-137 ranged from 0 to  $1.66 \pm 0.15$  Bq/kg. the specific radioactivity of Ra-226 ranged from  $4.05 \pm 0.29$  to  $53.44 \pm 2.91$  Bq/kg and Th-232 ranged from  $6.33 \pm 0.45$  to  $109.39 \pm 5.75$  Bq/kg. Based on the head of BAPETEN regulation No 9/2009, the specific activity of radionuclide in soil from Padang City is currently below the limit which are 1000 Bq/kg for Ra-226 and Th-232 and 10000 Bq/kg for K-40. It can be concluded that the level of radioactivity of soil in Padang City is still in safe limit and has not caused health hazard to people living in the area.*

*Keywords: radioactivity, radionuclide, specific activity, soil, gamma spectrometer.*

## I. PENDAHULUAN

Kehidupan manusia tidak bisa lepas dari radiasi. Paparan radiasi yang diterima manusia dapat berasal dari sumber radionuklida alam dan radionuklida buatan. Radionuklida alam terdapat di dalam tanah dan batuan yang jumlahnya tergantung pada kondisi geologi setiap daerah. Radionuklida yang terdapat di lingkungan dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui udara, makanan dan air. Hal ini dapat membahayakan kesehatan manusia dalam jangka waktu yang lama, sehingga penyebarannya ke lingkungan perlu diawasi dengan melakukan pemantauan lingkungan.

Pemantauan lingkungan dilakukan dengan cara mengukur laju dosis gamma dan tingkat radioaktivitas. Data laju dosis gamma dan tingkat radioaktivitas digunakan sebagai data dasar untuk mengetahui jika terjadi kenaikan tingkat radioaktivitas di lingkungan. Penelitian mengenai pengukuran radioaktivitas dan radiasi gamma lingkungan telah dilakukan oleh Supriyanto (2005) di Provinsi Lampung. Pengukuran radioaktivitas lingkungan dilakukan untuk beberapa

sampel, salah satunya tanah menggunakan spektrometer gamma. Sampel tanah diambil dengan variasi kedalaman 0-5 cm dan 5-20 cm. Hasil penelitian didapatkan konsentrasi cesium (Cs-137) umumnya relatif tinggi pada tanah dengan kedalaman 0-5 cm, dan konsentrasi radium (Ra-226), thorium (Th-228), kalium (K-40) relatif tinggi pada tanah dengan kedalaman 5-20 cm.

Taqi dkk. (2018) melakukan penelitian pada 10 sampel tanah yang dikumpulkan dari lokasi berbeda di Kirkuk Iraq. Hasil penelitian didapatkan pada semua sampel tanah aktivitas spesifik Ra-226 lebih tinggi dibandingkan dengan Th-232. Wahyudi dkk. (2012) melakukan penelitian tentang laju dosis dan tingkat radioaktivitas K-40, Ra-226, Th-228, dan Th-232 dalam sampel tanah dari delapan lokasi di Pulau Karimun Provinsi Kepulauan Riau. Aktivitas spesifik radionuklida diukur menggunakan spektrometer gamma. Hasil penelitian menunjukkan aktivitas spesifik K-40, Ra-226, Th-228, dan Th-232 di Pulau Karimun masih di bawah nilai yang direkomendasikan oleh BAPETEN untuk lingkungan.

Kusdiana dkk. (2013) telah melakukan penelitian terkait pemetaan laju dosis radiasi gamma lingkungan di Sumatera Barat menggunakan sistem deteksi radiasi eksploratorium. Penentuan lokasi pengukuran dilakukan dengan membagi daerah Sumatera Barat dalam grid yang berukuran 40 km x 40 km. Hasil pengukuran pada 28 lokasi di Sumatera Barat didapatkan nilai rata-rata laju dosis radiasi gamma yaitu  $60 \pm 13$  nSv/jam. Hasil ini menunjukkan bahwa laju dosis radiasi gamma di Sumatera Barat relatif sedikit lebih tinggi daripada hasil pengukuran radiasi gamma di sebagian besar wilayah Indonesia, seperti Lampung, Kalimantan Selatan, Bali, dan Nusa Tenggara Barat. Laju dosis radiasi gamma yang tinggi menunjukkan kemungkinan tingginya tingkat radioaktivitas lingkungan tanah.

Kota Padang merupakan salah satu kota di Sumatera Barat. Kota Padang berada pada zona risiko bahaya dari bencana gempa bumi dan tsunami. Di daerah berpotensi gempa, saat batuan mengalami stress yang besar mengakibatkan retakan, sehingga gas radon yang merupakan hasil luruhan dari Ra-226 akan terlepas ke permukaan. Gas radon dapat terhirup oleh masyarakat yang tinggal di daerah tersebut dan dapat menyebabkan efek merugikan dalam jangka waktu yang lama seperti kanker paru-paru. Hal ini yang mendasari pentingnya untuk mengetahui tingkat radioaktivitas tanah di Kota Padang. Hasil pemetaan akan ditinjau berdasarkan Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) nomor 9 Tahun 2009 tentang intervensi terhadap paparan radiasi yang berasal dari Technologically-Enhanced Naturally Occurring Radioactive Material (TENORM) untuk pengkajian keselamatan penduduk di Kota Padang.

## **II. METODE**

### **2.1 Alat dan Bahan**

Penelitian dilakukan menggunakan sampel tanah dengan kedalaman 0-5 cm dan lem. Alat yang digunakan pada penelitian terdiri dari *Global Positioning System* (GPS), oven, ayakan 100 mesh, timbangan digital, tabung marinelli dan seperangkat spektrometer gamma.

### **2.2 Pengambilan Sampel**

Sampel tanah dikumpulkan dari 25 lokasi di Kota Padang. Penetapan lokasi dilakukan dengan metode *systematic random sampling* dengan sistem grid 5 km x 5 km (IAEA, 2004) yang dibuat menggunakan aplikasi MapInfo. Koordinat titik pengambilan sampel ditentukan menggunakan GPS. Berdasarkan peninjauan lokasi awal, dari 25 titik lokasi hanya 20 titik yang dapat dilakukan pengambilan sampel, dikarenakan sulitnya akses jalan menuju lokasi tersebut. Dari setiap lokasi, tanah diambil pada kedalaman 0-5 cm sebanyak 2 kg.

### **2.3 Preparasi Sampel**

Sampel tanah dikeringkan di bawah sinar matahari, setelah itu dihancurkan menjadi bubuk halus dengan cara ditumbuk. Selanjutnya sampel dikirim ke Laboratorium Keselamatan Lingkungan di PTKMR BATAN. Sampel tanah dikeringkan kembali menggunakan oven pada suhu 110°C selama 24 jam lalu diayak menggunakan ayakan 100 mesh agar didapatkan ukuran yang sama. Sampel tanah ditempatkan ke dalam tabung marinelli dan disegel menggunakan lem araldite, lalu ditimbang dengan timbangan digital untuk mengetahui massa sampel. Sampel yang telah selesai dipreparasi kemudian didiamkan selama kurang lebih 30 hari supaya terjadi

kesetimbangan antara radionuklida alam dengan anak luruhnya yang memancarkan radiasi gamma.

#### 2.4 Pengukuran Radiasi Latar

Pengukuran radiasi latar dilakukan dengan cara mengukur tabung marinelli kosong menggunakan spektrometer gamma selama 17 jam. Pengukuran radiasi latar bertujuan untuk mengetahui radiasi awal sebelum dilakukan pengukuran.

#### 2.5 Kalibrasi Spektrometer Gamma

Kalibrasi spektrometer gamma terdiri dari kalibrasi energi dan kalibrasi efisiensi. Kalibrasi energi dilakukan untuk menentukan hubungan antara energi dari radionuklida sumber standar dengan nomor salur. Apabila hubungan antara energi dan nomor salur dituangkan dalam grafik maka diperoleh grafik berupa garis lurus yang linier.

Kalibrasi efisiensi dilakukan untuk mengetahui kemampuan detektor dalam menangkap setiap energi dari radionuklida pemancar gamma yang terdapat pada suatu sampel. Efisiensi tiap energi gamma dapat dihitung menggunakan Persamaan 1 (Susetyo, 1988)

$$\varepsilon_{\gamma} = \frac{N_s - N_{bg}}{A_t P_{\gamma}} \quad (1)$$

dengan  $N_s$  adalah laju cacah sampel (cps),  $N_{bg}$  adalah laju cacah latar (cps), adalah  $A_t$  aktivitas radionuklida pada saat pengukuran sampel dan  $P_{\gamma}$  adalah *yield* pada energi gamma tertentu (%).

#### 2.6 Pengukuran Sampel

Pengukuran aktivitas spesifik pada sampel tanah Kota Padang dilakukan menggunakan spektrometer gamma. Pengukuran dilakukan selama 17 jam untuk masing-masing sampel, dan didapatkan hasil berupa spektrum.

#### 2.7 Pengolahan Data

Aktivitas spesifik radionuklida dalam sampel dihitung menggunakan Persamaan 2 dan ditampilkan seperti pada Persamaan 3 (BATAN, 2013).

$$C_{avg} = \frac{N_s - N_{bg}}{\varepsilon_{\gamma} P_{\gamma} m} \quad (2)$$

$$C_{sp} = \frac{N_s - N_{bg}}{\varepsilon_{\gamma} P_{\gamma} m} \pm U_T \quad (3)$$

dengan  $C_{avg}$  adalah aktivitas spesifik radionuklida dalam sampel rata-rata (Bq/kg),  $C_{sp}$  adalah aktivitas spesifik radionuklida dalam sampel terkoreksi (Bq/kg), dan  $m$  adalah massa sampel (kg). Ketidakpastian pengukuran ( $U_t$ ) didapatkan menggunakan Persamaan 4 (BATAN, 2013).

$$U_T = C_{avg} \times \sqrt{\left(\frac{U_N}{N_s}\right)^2 + \left(\frac{U_{\varepsilon}}{\varepsilon_{\gamma}}\right)^2 + \left(\frac{U_P}{P_{\gamma}}\right)^2 + \left(\frac{U_m}{m}\right)^2} \quad (4)$$

dengan  $U_N$  adalah ketidakpastian pencacahan sampel (%),  $U_t$  adalah ketidakpastian efisiesi pada energi gamma (%),  $U_P$  adalah ketidakpastian *yield* (%), dan  $U_m$  adalah ketidakpastian massa sampel (%). *Minimum Detectable Concentration* (MDC) menggambarkan konsentrasi minimum yang dapat dideteksi untuk suatu sistem spektrometer gamma, dihitung menggunakan Persamaan 5 (BATAN, 2013).

$$MDC = 4,66 \frac{\sqrt{\frac{N_{bg}}{(t_{bg})^2}}}{\varepsilon_{\gamma} P_{\gamma} m} \quad (5)$$

dengan  $N_{bg}$  adalah laju cacah latar,  $t_{bg}$  adalah waktu pengukuran latar,  $P_{\gamma}$  adalah *yield* pada energi gamma tertentu (%), dan  $\varepsilon_{\gamma}$  adalah efisiensi tiap energi gamma (BATAN,2013).

### III. HASIL DAN DISKUSI

#### 3.1 Pengukuran Aktivitas Spesifik Radionuklida pada Sampel Tanah

Tanah Kota Padang sebanyak 20 buah diukur menggunakan seperangkat spektrometer gamma selama 17 jam, didapatkan hasil berupa spektrum. Hasil perhitungan aktivitas spesifik dari Ra-226, Th-232, K-40, dan Cs-137 pada sampel tanah di Kota Padang ditampilkan pada Tabel 1.

**Tabel 1** Aktivitas spesifik radionuklida pada sampel

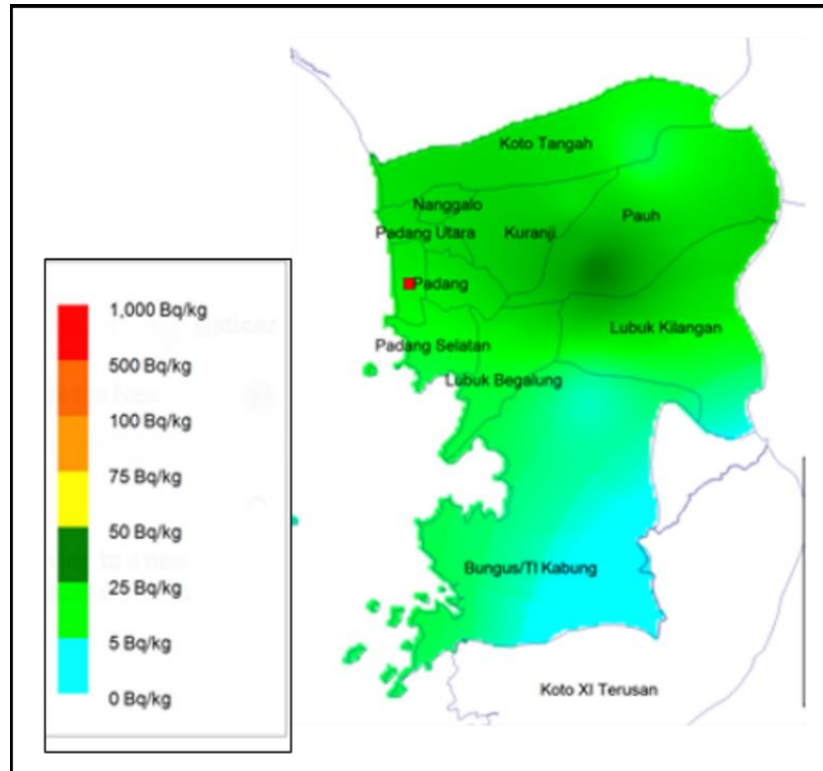
NO	Kode	Aktivitas Spesifik (Bq/kg)			
		Ra-226	Th-232	K-40	Cs-137
1	B1	20,72 ± 1,21	31,62 ± 1,79	375,07 ± 27,50	0,36 ± 0,09
2	B2	23,59 ± 1,37	33,85 ± 1,93	361,14 ± 26,51	0,05 ± 0,06
3	B3	25,82 ± 1,48	36,21 ± 2,06	407,73 ± 29,89	0,52 ± 0,07
4	B4	17,31 ± 1,03	23,66 ± 1,43	165,96 ± 12,33	1,34 ± 0,12
5	B6	12,42 ± 0,81	15,78 ± 1,08	142,43 ± 10,67	< MDC
6	B7	22,26 ± 1,31	26,64 ± 1,58	522,14 ± 38,22	< MDC
7	C1	22,48 ± 1,32	35,42 ± 1,90	38,04 ± 22,86	0,31 ± 0,11
8	C2	24,66 ± 1,40	43,88 ± 2,43	186,17 ± 13,80	< MDC
9	C3	19,64 ± 1,16	31,44 ± 1,81	263,61 ± 19,43	< MDC
10	C4	22,16 ± 1,33	29,52 ± 1,73	530,4 ± 38,83	0,10 ± 0,08
11	C5	21,52 ± 1,30	26,61 ± 1,62	1042,08 ± 76	0,65 ± 0,08
12	C6	11,95 ± 0,78	12,64 ± 0,91	420 ± 30,81	0,37 ± 0,09
13	D1	17,42 ± 1,08	30,68 ± 1,82	228,73 ± 16,93	0,18 ± 0,08
14	D3	53,44 ± 2,91	109,39 ± 5,75	52,67 ± 4,25	0,56 ± 0,15
15	D4	12,99 ± 0,84	16,1 ± 1,07	322,27 ± 23,72	0,82 ± 3,15
16	D5	4,05 ± 0,29	6,33 ± 0,45	88,19 ± 6,56	0,61 ± 0,05
17	E2	18,12 ± 1,08	24,7 ± 1,44	311,11 ± 22,84	< MDC
18	E3	37,55 ± 2,10	58,97 ± 3,25	102,16 ± 7,81	0,06 ± 0,07
19	F2	29,73 ± 1,68	43,97 ± 2,44	136,15 ± 10,20	1,66 ± 0,15
20	F3	41,55 ± 2,29	56,15 ± 3,09	117,17 ± 8,88	0,18 ± 0,10

Berdasarkan Tabel 1, aktivitas spesifik radionuklida tertinggi terdapat pada unsur K-40, berkisar antara 38,04 ± 22,86 sampai 1042,08 ± 76 Bq/kg dengan rata-rata 290,66 ± Bq/kg. Aktivitas Ra-226 berkisar antara 4,05 ± 0,29 sampai 53,44 ± 2,91 Bq/kg dengan rata-rata 22,96 ± 1,33 Bq/kg, untuk aktivitas Th-232 antara 6,33 ± 0,45 sampai 109,39 ± 5,75 Bq/kg dengan rata-rata 34,68 ± 1,98 Bq/kg. Nilai aktivitas radionuklida terendah terdapat pada unsur Cs-137, berkisar antara 0 sampai 1,66 ± 0,15 Bq/kg dengan rata-rata 0,40 ± 0,22 Bq/kg. Aktivitas spesifik Cs-137 juga ada yang tidak terdeteksi pada beberapa sampel tanah, yaitu sampel tanah dengan kode B6, B7, C2, C3 dan E2. Aktivitas spesifik pada sampel-sampel tersebut sangat kecil dan berada dibawah nilai MDC, lebih kecil dibanding kemampuan detektor untuk mendeteksi radionuklida tersebut.

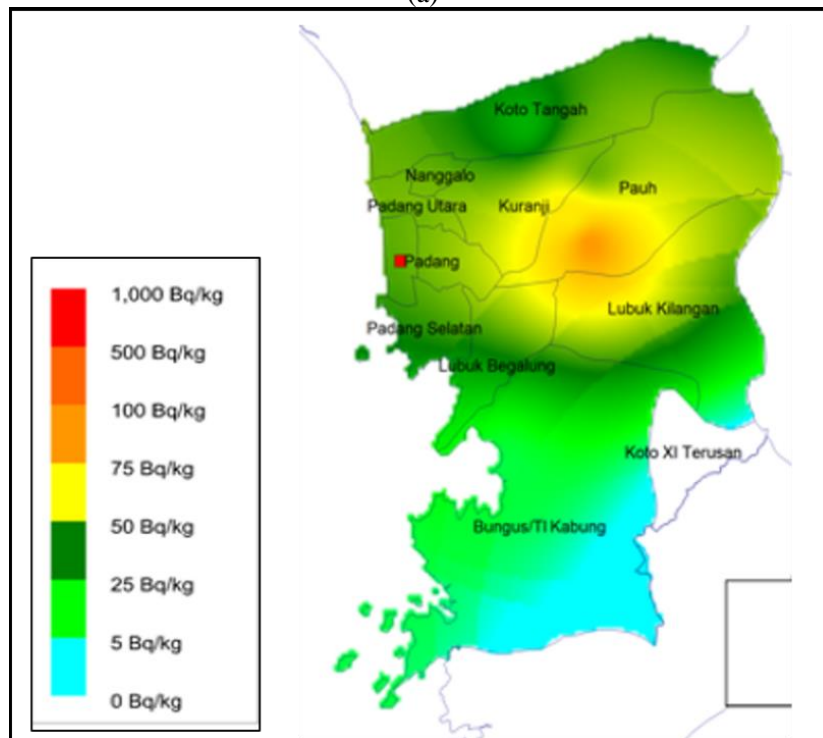
Berdasarkan PERKA BAPETEN No 9 tahun 2009, aktivitas spesifik radionuklida yang terdapat di dalam sampel tanah Kota Padang saat ini masih berada di bawah ambang batas yang diperbolehkan yaitu aktivitas maksimal untuk radionuklida Ra-226 dan Th-232 adalah 1000 Bq/kg dan untuk K-40 adalah 10000 Bq/kg, sehingga dapat disimpulkan masih aman dan belum menimbulkan bahaya kesehatan terhadap masyarakat yang tinggal di wilayah tersebut.

### 3.2 Pemetaan Tingkat Radioaktivitas pada Tanah di Kota Padang

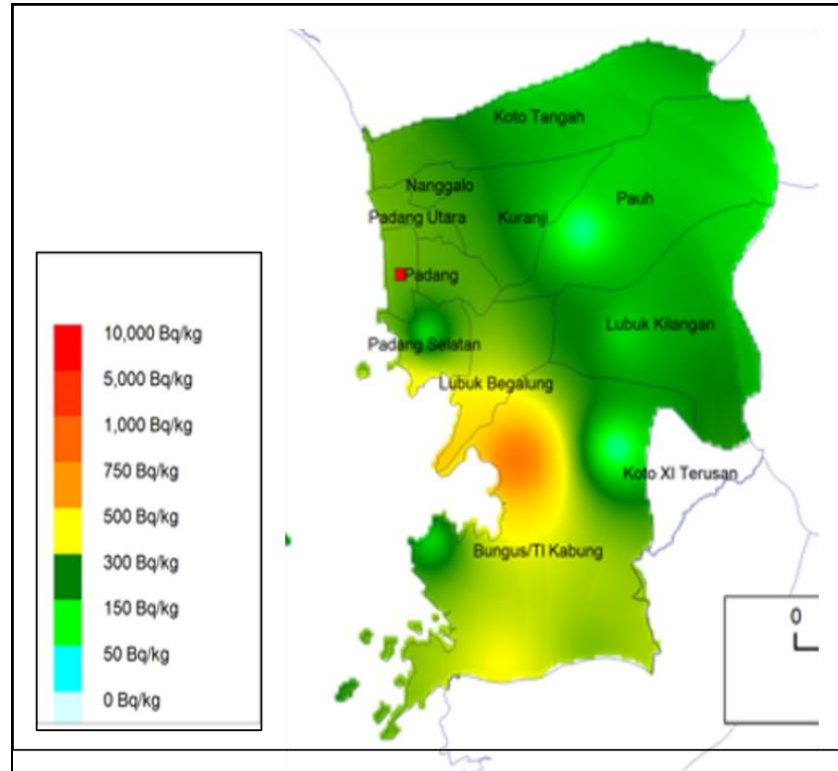
Pemetaan tingkat radioaktivitas pada tanah di Kota Padang dibuat berdasarkan data koordinat lokasi pengambilan sampel dan data aktivitas spesifik radionuklida menggunakan aplikasi MapInfo 10.5. Peta tingkat radioaktivitas di Kota Padang dapat dilihat pada Gambar 1 (a) Ra-226, (b) Th-232, (c) K-40, dan (d) Cs-137.



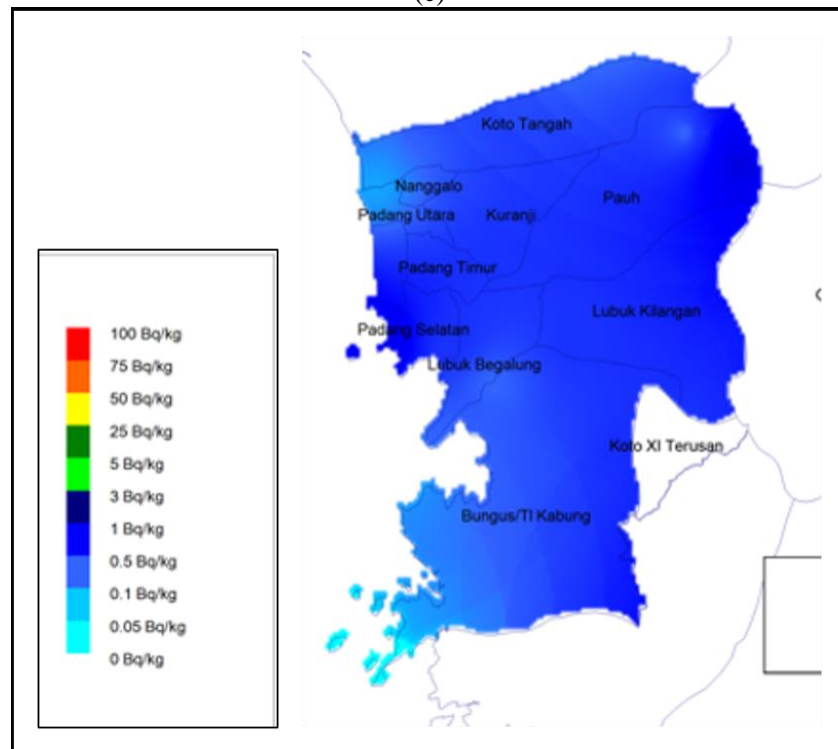
(a)



(b)



(c)



(d)

**Gambar 1** Peta tingkat radioaktivitas pada tanah di Kota Padang (a) Ra-226, (b) Th-232, (c) K-40, (d) Cs-137

Warna pada peta mewakili tingkat radioaktivitas di daerah tersebut. Tingkat radioaktivitas Ra-226 dan Th-232 paling tinggi berada di daerah Lubuk Kilangan hingga Pauh, dan yang terendah di daerah Bungus. Tingkat radioaktivitas K-40 pada tanah di Kota Padang didominasi dengan warna hijau sampai jingga, dan beberapa daerah warna biru. Daerah dengan

tingkat radioaktivitas K-40 paling tinggi berada pada daerah Bungus dan yang terendah adalah Lubuk Kilangan.

Tingkat radioaktivitas Cs-137 pada tanah di Kota Padang didominasi dengan warna biru. Warna biru berada pada rentang 0-3 Bq/kg, warna biru yang semakin pekat menunjukkan semakin tingginya tingkat radioaktivitas di daerah tersebut dan begitu sebaliknya. Daerah di Kota Padang dengan tingkat radioaktivitas Cs-137 paling tinggi yaitu sebagian dari Padang Selatan dan Pauh. Keberadaan radionuklida Cs-137 pada tanah di suatu daerah menjadi indikator bahwa daerah tersebut telah menerima jatuhnya radioaktif dari kejadian di masa lalu.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan radionuklida Ra-226, Th-232, K-40 terdeteksi di semua sampel tanah. Radionuklida Cs-137 tidak terdeteksi pada sampel B6, B7, C2, C3, dan E2, dikarenakan aktivitas spesifik pada sampel-sampel tersebut lebih kecil dibandingkan dengan kemampuan detektor dalam mendeteksi Cs-137. Aktivitas spesifik radionuklida pada sampel tanah saat ini masih di bawah ambang batas yang diperbolehkan oleh BAPETEN. Tingkat Radioaktivitas yang tertinggi pada tanah Kota Padang terdapat pada radionuklida K-40 berkisar antara  $38,04 \pm 22,86$  sampai  $1042,08 \pm 76$  Bq/kg dan yang terendah pada Cs-137 berkisar antara 0 sampai  $1,66 \pm 0,15$  Bq/kg.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada Subbidang Keselamatan Lingkungan PTKMR BATAN yang telah menyediakan sarana dan prasarana sehingga penelitian ini dapat terlaksana, serta semua pihak yang telah membantu kelancaran penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Kusdiana, Setiawan, A., Pujadi, E. dan Syarbaini., Mapping of Enviromental Gamma Radiation Dose Rate in West Sumatera Province, *Prosiding Internasional Conference on the Sources, Effect and Risks of Ionizing Radiation*, Editor Mukhlis Akhadi, Bali, 2013.
- Supriyanto, A., Pengukuran Radioaktivitas dan Radiasi Gamma Lingkungan di Provinsi Lampung, *Jurnal fmipa unila*, 11 (3), 194-200, 2005.
- Susetyo, W., *Spektrometri Gamma dan Penerapannya dalam AnalisisPengaktifan Neutron*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, 1998.
- Taqi, A.H., Shaker, A.M. dan Battawy, A.A., Natural Radioactivity Assessment in Soil Samples fro Kirkuk City of Iraq using HPGe Detector, *International Jurnal of Radiation Research*, 16 (4), 455-463, 2018.
- Wahyudi, Iskandar, D. dan Kusdiana., Laju Dosis dan Tingkat Radioaktivitas 40K, 226Ra, 228Th, dan 232Th dalam Sampel Tanah di Pulau Karimun Provinsi Kepulauan Riau, *Prosiding Seminar Nasional Keselamatan dan Lingkungan VIII*, Editor Bunawas, Jakarta, 2012.
- BATAN Homepage, 2013, Pedoman Tentang Analisis Sampel Radioaktivitas Lingkungan, <http://www.batan.go.id/images/PSMN/PDF/SB-14-BATAN-2013-Analisis-Sampel-Radioaktif-Lingkungan-BAGIAN-II.pdf>, diakses pada 2 Agustus 2019.
- BAPETEN Homepage, 2009, Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 9 Tahun 2009 tentang Intervensi Terhadap Paparan Radiasi yang Berasal dari *Technologically-Enhanced Naturally Occuring Radioactive Naturally Occurring Radioactive Material* (TENORM), [https://jdih.bapeten.go.id/files/1\\_000123\\_1.pdf](https://jdih.bapeten.go.id/files/1_000123_1.pdf), dikases pada 2 Oktober 2019.
- IAEA, 2004, Technical Document 1415 Soil Sampling for Enviromental Contaminants, [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te\\_1415\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te_1415_web.pdf), diakses pada 6 Juli 2019.