



DETERMINATION OF RADON CONCENTRATIONS IN DWELLING IN ACEH

Wahyudi^{1*}, Dadong Iskandar¹, Rini Safitri² dan Kusdiana¹

¹Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi – BATAN
Jl. Lebak Bulus Raya No.49, Jakarta 12440

²Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Syiah Kuala Darussalam - Banda Aceh

*Email: wah_yudi@batan.go.id

Abstract. *Determination of radon concentrations in dwelling in Aceh region by using a passive method has been conducted. In this research, area considered was divided into several sections called grid. Each grid represents an area of 60 km x 60 km in which, depend on public response, 6-10 passive radon monitors were installed. The number of passive radon monitors installed in Aceh is 200 units, and they can be taken back as many as 191 units or 95.50 %. The passive radon monitors have stayed in dwelling for 3-4 months and after period of the exposure, those radon monitors were taken back and brought to laboratory for further process, and then the track were read and the radon concentrations were calculated. Furthermore, data of radon concentration in dwelling and GPS location were put into MapInfo Software v.10.5 to create a map of radon concentration. The results of the analysis of the radon concentration in dwelling in Aceh demonstrate that the concentrations are in the range of $3.32 \pm 0.23 \text{ Bq/m}^3$ up to $68.30 \pm 4.83 \text{ Bq/m}^3$. This result was lower than the radon reference level determined by UNSCEAR, which was 300 Bq/m^3 . The data are useful in the regional extension and development plans, as well as the basis for health policy analysis due to the existence of radon in Indonesia. Furthermore, these data will become the contribution of Indonesia in the international world through UNSCEAR, IAEA and WHO. The data obtained can be used as partial data in creating a map of radon concentration in residents' houses in Aceh, as a part of the map of radon concentration in Indonesia.*

Keywords: *radon concentration, dwelling, Aceh, passive method*

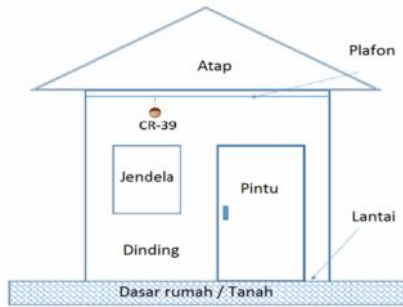
I PENDAHULUAN

Radiasi dan radioaktivitas lingkungan yang dideskripsikan dalam peta biasanya merupakan radioaktivitas alamiah meliputi laju dosis paparan radiasi gamma lingkungan dan konsentrasi Ra-226, Th-232 dan K-40 pada tanah permukaan, tidak termasuk radon dan thoron. Padahal berdasarkan Laporan *United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation* (UNSCEAR) [1] paparan radiasi radon di rumah-rumah merupakan penyumbang terbesar bagi paparan radiasi alam yang mencapai 50% [2]. Sedangkan paparan radiasi alam merupakan penyumbang terbesar (mencapai 85%) dari seluruh paparan radiasi yang diterima penduduk dunia. Dalam upaya mengelaborasi sumber-sumber radiasi alam di Indonesia sehingga dapat dikarakterisasi sumber radiasi alam yang ada maka perlu dilakukan pengukuran konsentrasi radon-thoron di rumah-rumah penduduk. radon (^{222}Rn) dan thoron (^{220}Rn) adalah zat radioaktif alamiah berupa gas yang dapat menimbulkan masalah radiologi yang cukup

signifikan. Radon merupakan radionuklida berumur pendek yang melepaskan partikel alpha dan dapat menempel pada partikel halus di udara serta akan terhirup dan meradiasi jaringan paru-paru sehingga dapat menaikkan risiko kanker paru-paru. Isotop radon yang lain yaitu Radon-220 (thoron) juga memiliki sifat yang sama tetapi dengan derajat paparan radiasi di paru-paru lebih kecil.

Kanker paru-paru akibat paparan radon disebabkan oleh inhalasi partikulat luruhan radon yang berumur pendek seperti Po-218, Pb-214, Bi-214 atau Po-214. Pada Gambar 1 disajikan pemasangan monitor radon pasip di rumah penduduk di wilayah Aceh. Adanya potensi bahaya dari paparan radon tersebut, maka perlu dilakukan pemetaan tingkat konsentrasi radon di Pulau Sumatera khususnya wilayah Aceh yang merupakan bagian dari wilayah Indonesia. Penelitian tentang konsentrasi radon di rumah penduduk ini perlu dilakukan karena

menurut UNSCEAR menyatakan bahwa lebih dari 90% penerimaan dosis populasi dunia berasal dari paparan radiasi [1]. Kegiatan ini belum pernah dilakukan di Indonesia sehingga data konsentrasi radon ini dapat menjadi kontribusi Indonesia di dunia internasional melalui UNSCEAR, IAEA dan WHO. Bagi pemerintah daerah, data ini dapat menjadi pertimbangan dalam perencanaan pengembangan dan pembangunan daerah.



Gambar 1 Pemasangan monitor radon di rumah penduduk wilayah Aceh

II METODOLOGI

Peralatan yang digunakan adalah alat penentu lokasi (GPS), pemantau radon pasip dengan detektor CR-39, tangga aluminium, palu, oven, ultrasonic vibrator, desikator elektrik, mikroskop. Sedangkan bahan yang digunakan adalah tali kenur, paku kecil, NaOH 6,25N, acetone, gelas objek dan wadahnya. Sedangkan sebagai peralatan pendukung adalah leaflet dan Peta Aceh dengan grid 60 km x 60 km yang diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Peta Aceh dengan grid 60 km x 60 km

Monitor radon pasip yang telah diisi detektor CR-39 dipasang di rumah penduduk dengan setiap grid

dipasang 6-10 alat, pada setiap pemasangan alat ditandai posisi garis bujur dan lintang dengan GPS. Monitor radon pasip dipasang dengan cara digantungkan pada plafon rumah selama 3-4 bulan. Pemasangan monitor radon pasip dilakukan oleh petugas seperti tampak pada Gambar 3.



Gambar 3 Pemasangan monitor radon pasip di dalam rumah penduduk.

Setelah dipasang selama 3-4 bulan, monitor radon pasip diambil kemudian dibawa ke laboratorium untuk dietsa. Proses etsa dilakukan dengan merendam CR-39 pada larutan NaOH 6 N didalam wadah bak gelas didalam oven pada suhu $70 \pm 2^\circ\text{C}$ selama 7 jam (Gambar 4). Setelah selesai CR-39 dicuci 3-4 kali menggunakan aquades untuk menghilangkan larutan NaOH kemudian dilanjutkan dengan menggunakan pencuci ultrasonik vibrator selama 5 menit. Setelah selesai pencucian detector CR-39 dikeringkan pada suhu kamar dengan meletakkannya pada desikator elektrik selama 2 hari, setelah kering kemudian dipindahkan di atas gelas obyek dengan permukaan yang terpapar menghadap ke atas.



Gambar 4 Proses etsa detektor CR-39

Detektor CR-39 dibaca jejaknya menggunakan mikroskop sebanyak 25 kali sudut pandang pada perbesaran 400x. Berdasarkan jumlah jejak yang terbaca dapat ditentukan besarnya nilai konsentrasi gas radon yang berada didalam rumah. Jejak radon mempunyai karakteristik yang unik yaitu berbentuk seperti tetes air

dengan bentuk yang mulus pada lingkaran luarnya. Pada Gambar 5 terlihat jejak pada lingkaran putih merupakan jejak radon yang mempunyai arah menyudut (tetes air) dan tegak lurus (bulatan hitam). Sedangkan pada lingkaran merah merupakan kotoran atau *noise* yang merupakan bukan jejak dari radon.



Gambar 5 Hasil pembacaan jejak radon menggunakan mikroskop dengan perbesaran 400x, lingkaran putih adalah jejak dari radon sedangkan lingkaran merah adalah *noise*.

Akurasi data hasil pengukuran dengan metode pasip ini telah dilakukan dengan uji *student* yang diperoleh informasi bahwa tidak ada perbedaan nyata antara metode pasip menggunakan detektor CR-39 dengan metode aktif menggunakan detektor *Lucas Cell* dengan nilai p antara $0,1 > p > 0,05$ dan tingkat ketelitian 4%, ini berarti bahwa metode pasip untuk menentukan konsentrasi radon menggunakan detektor CR-39 dapat dipercaya [3].

Pada metode pasip ini konsentrasi radon didalam rumah bergantung dari jumlah jejak didalam CR-39, faktor kalibrasi dan lamanya waktu paparan. Besarnya konsentrasi radon didalam rumah dengan metode pasip dihitung menggunakan Pers. 1 [4].

$$C_{Rn} (Bq / m^3) = \frac{N_B - N_T}{E \times T} \dots\dots (1)$$

Besarnya konsentrasi radon didalam rumah (C_{Rn}) adalah banyaknya jumlah jejak latar (N_B) dikurangi jejak total sampel (N_T) untuk 25 kali sudut pandang (jejak/5.0625 mm²), kemudian dibagi dengan efisiensi detektor (E) [(jejak/ 5.0625 mm²)/Bq/m³ hari] atau faktor kalibrasi radon sebesar 0.00241 dan waktu paparan (T , hari). Angka 5.0625 adalah 25 kali pandang pembacaan jejak dibawah mikroskop pada perbesaran 400 kali.

Berdasarkan data konsentrasi radon dan data GPS ini dibuat peta kontour konsentrasi radon menggunakan software *Surfer* dan *MapInfo*. Agar dapat dengan mudah melihat perbedaan tingkat konsentrasi radon didalam rumah, maka dibuat degradasi warna pada peta digital. Semakin gelap warna pada peta menunjukkan tingkat konsentrasi radon didalam rumah makin tinggi begitu pula sebaliknya.

III HASIL DAN PEMBAHASAN

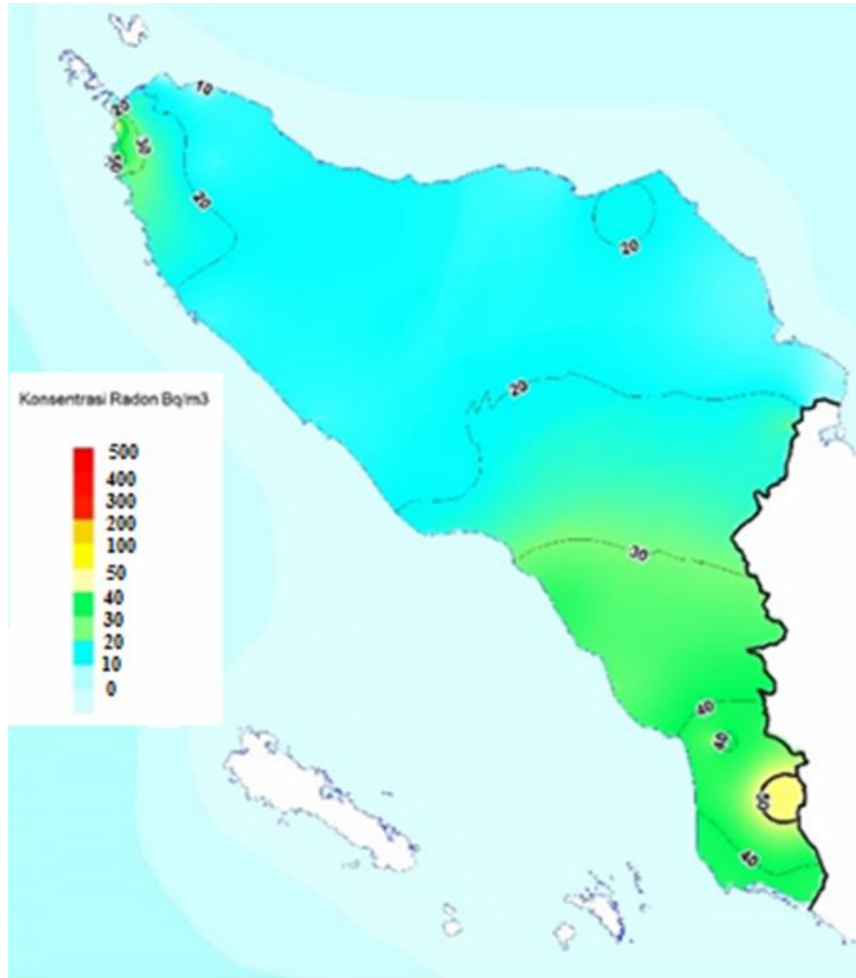
Pada pemantauan konsentrasi radon didalam rumah di wilayah Aceh dilakukan pengambilan data di 24 kelompok lokasi pemasangan dengan detektor terpasang 200 buah. Detektor yang dapat diambil kembali sebanyak 191 buah yakni sebanyak 95,5%. Detektor yang tidak dapat diambil disebabkan oleh penghuni yang tidak berada di tempat atau bepergian ke luar kota atau sebab lain seperti dikarenakan jatuh, pecah atau hilang.

Hasil analisis konsentrasi radon di rumah penduduk Aceh dalam rentang nilai dari $3,32 \pm 0,23$ Bq/m³ sampai dengan $68,30 \pm 4,83$ Bq/m³ dengan rerata $22,08 \pm 12,58$ Bq/m³. Besarnya konsentrasi radon di rumah penduduk pada umumnya dipengaruhi oleh kondisi geologi pada daerah pengukuran, tipe rumah, sistem pertukaran udara di dalam rumah, dan jenis bahan bangunan yang digunakan untuk membangun rumah. Pada rumah sederhana umumnya terbuat dari kayu tanpa plafon, jenis rumah ini mempunyai sistem pertukaran udara yang paling baik sehingga mengakibatkan nilai konsentrasi radonya menjadi rendah. Sedangkan untuk rumah permanen umumnya terbuat dari batu bata merah atau batu bata semen dengan jendela yang sering ditutup, serta mempunyai plafon bahan gypsum atau triplek. Rumah jenis ini mempunyai konsentrasi radon di dalam rumah yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan rumah sederhana.

Data konsentrasi radon di dalam rumah penduduk di Aceh secara umum dapat dilihat pada Gambar 6 dan Tabel 1. Dari Gambar 6 terlihat bahwa konsentrasi radon pada umumnya dibawah 50 Bq/m³. Namun untuk wilayah Aceh Selatan, Aceh Besar dan Aceh Singkil yang berbatasan dengan wilayah Sumatera Utara mempunyai konsentrasi radon relatif lebih tinggi dari 50 Bq/m³. Hal ini kemungkinan disebabkan

oleh faktor geologi setempat yaitu konsentrasi Ra-226 dari tanah yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi lainnya. Data konsentrasi radon di rumah penduduk pada daerah pengukuran di Aceh tertinggi di daerah Trumon, Aceh Selatan sebesar $68,30 \pm 4,83 \text{ Bq/m}^3$. Kondisi rumah yang diukur dengan lantai pelur, dinding tembok dan plafon triplek serta rumah tersebut sering tertutup. Konsentrasi ini masih di bawah tingkat referensi radon yang ditetapkan oleh

Komisi Internasional untuk Proteksi Radiasi (*International Commission on Radiological Protection, ICRP*) [2] dan Badan Tenaga Atom Internasional (*International Atomic Energy Agency, IAEA*) yakni sebesar 300 Bq/m^3 , sehingga dari hasil pengukuran ini masih di bawah nilai yang direkomendasikan oleh UNSCEAR [1].



Gambar 6. Peta konsentrasi radon wilayah Aceh

Tabel 1. Daftar rumah yang diukur konsentrasi radon di dalam rumah.

Lokasi pengambilan data	Konsentrasi radon di dalam rumah (Bq/m^3)	Kondisi umum rumah (Lantai, dinding/plafon)
Kel. Darussalam, Kec. Syiah Kuala, Kota Banda Aceh dan Gp. Cot Mancang, Kec. Kota Baru, Kab. Aceh Besar	$9,31 \pm 0,66$ sd. $27,95 \pm 1,98$	Keramik/tembok/triplek
Gp. Cot, Kec. Lhoong, Kab. Aceh Besar	$13,66 \pm 0,97$ sd. $27,32 \pm 1,93$	Semen/tembok/triplek
Gp. Kabong, Kec. Krueng Sabee, Kab. Aceh Jaya	$3,42 \pm 0,24$ sd. $40,98 \pm 2,90$	Semen/tembok/triplek
Ds. Suak Raya, Kec. Johan Pahlawan, Kab. Aceh Barat	$6,83 \pm 0,48$ sd. $27,32 \pm 1,93$	Keramik/tembok/triplek

Gp. Alukincau, Kec. Darul Makmur, Kab. Alubili	10,25±0,72 sd. 27,32±1,93	Semen/tembok/kayu
Gp. Simpang-3, Kec. Sawang, Kab. Aceh Selatan	17,08±1,21 sd. 47,81±3,38	Semen/tembok/triplek
Ds. Fajar Harapan, Kec. Kluet Utara, Kab. Aceh Selatan	23,91±1,69 sd. 44,40±3,14	Semen/tembok/triplek
Gp. Kreung Luas, Kec. Trumon Timur, Kab. Aceh Selatan	6,83±0,48 sd. 68,30±4,83	Semen/tembok/kayu
Ds. Raja, Kec. Penanggalan, Kota Subulussalam	23,91±1,69 sd. 37,57±2,66	Semen/tembok/triplek
Ds. Seumadam, Kec. Kejuruan Muda, Kab. Aceh Tamiang	3,32±0,23 sd. 36,47±2,58	Semen/kayu/triplek
Ds. Aluerangan, Kec. Sungai Raya, Kab. Aceh Timur	3,32±0,23 sd. 23,21±1,64	Semen/kayu/plastik
Ds. Nga Matangubi, Kec. Lhoksukon, Kab. Aceh Utara	6,76±0,48 sd. 43,96±3,11	Semen/kayu/plastic
Gp. Keube Krueng Geukeuh, Kec. Dewantara, Kab. Aceh Utara	6,76±0,48 sd. 23,67±1,67	Keramik/tembok/triplek
Gp. Suka Mulya, Kec. Lembah Seulawah, Kab. Aceh Besar	3,67±0,26 sd. 29,38±2,08	Semen/tembok/triplek
Gp. Weu, Kec. Jantho, Kab. Aceh Besar	3,67±0,26 sd. 62,43±4,41	Semen/tembok/triplek
Gp. Panggih Piloc, Kec. Grong Grong, Kab. Pidie	3,56±0,25 sd. 24,90±1,76	Semen/tembok/kayu
Gp. Matang Wakaf, Kec. Samalaga, Kab. Bireun	7,19±0,51 sd. 35,95±2,54	Semen/tembok/kayu
Desa Pinangan, Kec. Kabayakan, Kab. Aceh Tengah	11,26±0,80 sd. 30,02±2,12	Semen/tembok/kayu
Ds. Blang Rongka, Kec. Tamiang Gajah, Kab. Bener Meriah	11,14±0,79 sd. 22,27±1,57	Semen/kayu/platik
Ds. Cane Baru, Kec. Pantan Cuaca, Kab. Gayo Lues	7,59±0,54 sd. 53,72±3,80	Semen/tembok/kayu
Ds. Purwodadi, Kec. Badar, Kab. Aceh Tenggara	7,85±0,56 sd. 42,69±3,02	Semen/tembok/kayu
Ds. Lawe Loneng, Kec. Lawe Sagala Gala, Kab. Aceh Tenggara	7,85±0,56 sd. 47,11±3,33	Semen/tembok/kayu

Hasil tersebut hampir tidak berbeda jauh dengan hasil pengukuran radon dirumah penduduk di Komplek BATAN Pasar Minggu, Pasar Jumat dan Serpong yaitu sebesar 5,5 sd. 55,5 Bq/m³ [5], di Sulawesi Selatan (3.43±0.24) sd. (69.38±4.91) Bq/m³ [6], di Bali 9±1 sd. 48±3 [7]. Pada penelitian yang dilakukan oleh peneliti lain diperoleh data konsentrasi radon di kota Rio de Jenerio–Brasil dalam kisaran 5 sd. 200 Bq/m³ [8]. Sedangkan di kota Riyadh–Arab Saudi pada rentang nilai 2 sd. 69 Bq/m³ [9]. Berdasarkan data tersebut maka konsentrasi radon di rumah penduduk di wilayah Aceh hampir sama dengan konsentrasi radon di rumah penduduk di kota Riyadh, Arab Saudi, Sulawesi Selatan, Bali dan Komplek Batan dan lebih rendah dari Rio de Jenerio, Brasil.

Data konsentrasi radon di rumah penduduk di Aceh ini sebagai data dasar konsentrasi radon di rumah penduduk untuk wilayah Aceh dan sebagai

masukannya dalam pembuatan peta konsentrasi radon wilayah Aceh yang merupakan bagian dari peta radon Indonesia.

KESIMPULAN

Besarnya konsentrasi radon di dalam rumah di wilayah Aceh dipengaruhi oleh struktur geologi pada daerah tersebut, kualitas bangunan dan sistem pertukaran udara. Hasil analisis memperlihatkan konsentrasi radon di Aceh dalam rentang dari 3,32±0,23 Bq/m³ sampai dengan 68,30±4,83 Bq/m³ dengan rerata 22,08±12,58 Bq/m³. Data ini masih di bawah nilai yang direkomendasikan oleh UNSCEAR yaitu sebesar 300 Bq/m³.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada pemilik rumah yang telah bersedia sebagai responden, Kepala PTKMR-BATAN, dan Dekan FMIPA Universitas Syiah Kuala Darussalam yang telah memberikan dukungan dalam melaksanakan kegiatan ini sehingga penelitian ini berjalan dengan lancar.

REFERENSI

1. UNSCEAR, 1996, Natural Radiation Exposures, Forty Fifth Session, Viena
2. IAEA, 2005, Radiation, People and the Environment, Viena.
3. Bunawas, Emlinarti, M. Affandi, 1996, Penentuan laju lepasan radon dari bahan bangunan menggunakan metode pasip dengan metode jejak nuklir, Prosiding PPIKRL, PSPKR-BATAN, 20-21 Agustus 1996, pp. 16-21.
4. Sutarman, L. Nirwani, Emlinarti dan A. Warsona, 2005, Penentuan konsentrasi gas radon dan thoron menggunakan detektor film LR-115 di DKI Jakarta dan sekitarnya, Prosiding PPI-PDIPTN P3TM-BATAN, Jogjakarta, p. 212-221.
5. M. Affandi, D. Iskandar, dan Bunawas, 1996, Radon di Kompleks Perumahan BATAN, Presiding PIKRL, PSPKR-BATAN, p. 262-265
6. Wahyudi, Kusdiana and D. Iskandar, 2016, Mapping of Indoor Radon Concentration in Houses Located in South Sulawesi Province, 2nd International Conference on the SERIR2 & 14th Biennial Conference of the SPERA, Bali, CTRSM-BATAN, p. 35-38.
7. E. Pudjadi, Wahyudi, A. Warsona and Syarbaini, 2016, Measurement of Indoor Radon-Thoron Concentration in Dwellings of Bali Island, Indonesia, 2nd International Conference on the SERIR2 & 14th Biennial Conference of the SPERA, Bali, CTRSM-BATAN, p. 186-192.
8. M.H.Magalhães, et al., 2003. Radon-222 in Brazil: an outline of indoor and outdoor measurements. *Journal of Environmental Radioactivity*, 67(2), pp.131–143.
9. F.S. Al-Saleh, 2007. Measurements of indoor gamma radiation and radon concentrations in dwellings of Riyadh city, Saudi Arabia. *Applied Radiation and Isotopes*, 65(7), pp.843–848.