

Analisis Konsentrasi Gas Radon (Rn-222) Menggunakan Detektor Jejak Nuklir CR-39 Di Objek Wisata Lobang Jepang Bukittinggi

Suriza Putri^{1*}, Dian Milvita¹, Wahyudi²

¹Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Andalas, Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

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

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 6 Januari 2020
Direvisi: 12 Januari 2020
Diterima: 17 Januari 2020

Kata kunci:

CR-39
dosis efektif
konsentrasi gas
gas radon

Keywords:

CR-39
effective dose
gas concentration
radon gas

Penulis Korespondensi:

Suriza Putri
Email: suriza12345@gmail.com

ABSTRAK

Pengukuran konsentrasi gas radon telah dilakukan di objek wisata Lobang Jepang Bukittinggi. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui estimasi dosis efektif yang diterima pengunjung dan pemandu selama memasuki objek wisata tersebut. Pengukuran gas radon dilakukan dengan metode pasif menggunakan 50 detektor jejak nuklir CR-39 yang dipasang selama 14 hari di sepanjang lintasan objek wisata tersebut. Hasil pengukuran konsentrasi gas radon terkecil yaitu $2469,87 \pm 174,65$ Bq/m³ sampai dengan yang terbesar yaitu $80641,18 \pm 5702,19$ Bq/m³. Adapun estimasi dosis efektif gas radon terhadap pengunjung yaitu $1,4 \times 10^{-2}$ mSv/tahun. Nilai ini tidak melebihi dari batas yang direkomendasikan oleh UNSCEAR tahun 2000. Akan tetapi, estimasi dosis gas radon yang diterima pemandu yang didapatkan melebihi dari batas rekomendasi UNSCEAR tahun 2000.

The measurement of radon gas concentration has been done in tourism object Lobang Jepang Bukittinggi. This measurement aims to determine the estimated effective dose received by visitors and guides during entering the tourism object. The radon gas measurements are carried out by the passive method using 50 CR-39 nuclear track detectors installed for 14 days along the lines of the tourism object. The smallest results of the radon gas concentration measurement are 2469.87 ± 174.65 Bq/m³ up to the largest that is 80641.18 ± 5702.19 Bq/m³. Furthermore, the estimated effective dose of radon gas to visitors is 1.4×10^{-2} mSv/year. This value does not exceed the limit recommended by UNSCEAR in 2000. However, the estimated radon gas dose received by the guide obtained exceeds the UNSCEAR recommendation limit in 2000.

Copyright © 2020 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Indonesia terkenal sebagai negara yang memiliki keindahan alam yang memukau. Keindahan alam menjadikan Indonesia sebagai daya tarik para wisatawan untuk berkunjung. Salah satu objek wisata yang terkenal dengan nilai sejarahnya adalah Lobang Jepang yang terletak di Jalan Panorama, Bukit Cangang Kayu Ramang Bukittinggi, Sumatera Barat. Lobang Jepang memiliki panjang lebih dari 1.400 meter yang berkelok-kelok dengan kedalaman diperkirakan 40 meter dari permukaan tanah (Yulianingsih, 2010).

Jumlah wisatawan yang berkunjung ke Lobang Jepang Bukittinggi semakin meningkat pada tahun 2018 berdasarkan informasi dari Kepala Bidang Pariwisata dan Ekonomi Kreatif Dinas Pariwisata, Pemuda dan Olahraga (Kabid Parekraf Disparpora) Bukittinggi (Rizal, 2019). Dalamnya Lobang Jepang tersebut dan meningkatnya jumlah wisatawan yang berkunjung menjadi suatu hal yang perlu diperhatikan dalam keselamatan pemandu wisata dan pengunjung. Hal ini dikarenakan udara yang terkungkung di bawah tanah memiliki konsentrasi gas radon (Rn-222) yang lebih tinggi (Wilkening, 1990).

Gas radon merupakan isotop radon yang memiliki sumber radiasi alfa terbanyak di alam dan terbesar yang diterima oleh manusia. Data *United National Scientific Committee on the Effect of Atomic Radiation* (UNSCEAR) tahun 2000 menyatakan bahwa lebih 85% kontribusi sumber radiasi berasal dari alam dan 15% berasal dari sumber radiasi buatan. Setengah dari sumber radiasi tersebut merupakan konsentrasi gas radon. Gas tersebut memiliki sifat yang tidak berbau, tidak berwarna dan juga tidak dapat dilihat. Gas radon yang menyebar dalam bentuk udara dapat terhirup oleh saluran pernapasan manusia, sehingga udara tersebut akan masuk ke dalam paru-paru dan akan mengendap. Pengendapan zat radioaktif tersebut dapat mengakibatkan kerusakan paru-paru yang akan beresiko terjadinya kanker paru-paru (Wahyudi dkk., 2017).

Pengukuran gas radon dapat dilakukan dengan metode pasif menggunakan CR-39. Pengukuran dengan metode ini telah dilakukan oleh Akmal, dkk (2013) di Gua Mimpi dan Gua Batu Taman Nasional Bantimurung dan Manda, dkk (2016) di Gua Londa dan Gua Ke'te Kesu. Hasil penelitian keduanya menyatakan tingkat konsentrasi gas radon melebihi ambang batas yang telah ditentukan. Begitu juga penelitian Shahin, dkk (2007) di Gua Wadi Sannur, mendapatkan hasil konsentrasi radon melebihi ambang batas yang ditentukan oleh *International Comitte Radiation Protection* (ICRP) Publikasi 65, yaitu radon sebesar 1500 Bq/m^3 .

Laporan UNSCEAR tahun 2000 menyatakan rekomendasi dosis rata-rata penduduk dunia menerima sumber radiasi alam sekitar 2,4 mSv dan yang tertinggi berasal dari radiasi internal sebesar 1,26 mSv dengan perinciannya gas radon yaitu 1,15 mSv. Hal tersebut telah dibuktikan oleh Shahin, dkk (2007) dalam memperkirakan dosis efektif tahunan yang diterima pemandu wisata akibat menghirup gas radon di Gua Wadi Sannur. Hasil yang didapatkan masih dalam rekomendasi internasional berdasarkan UNSCEAR yaitu 1,15 mSv.

Beberapa penelitian terkait pengukuran gas radon di gua menjadi suatu hal yang perlu diperhatikan mengingat gua tersebut merupakan objek wisata, maka dari itu akan dilakukan pengukuran gas radon di Lobang Jepang Bukittinggi. Adapun analisis dalam penelitian ini menggunakan rekomendasi dari ICRP Publikasi 65 untuk menentukan batas ambang dalam mengukur konsentrasi gas radon, serta dapat memperkirakan dosis efektif tahunan yang diterima oleh pengunjung dan pemandu wisata menggunakan batasan dosis yang direkomendasikan oleh UNSCEAR tahun 2000.

II. METODE

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dosimeter radon-thoron pasif, mikroskop optik, oven, ultrasonic vibrator, dan disikator elektrik. Bahan yang digunakan adalah larutan NaOH 6,25 N, aquades, tali, paku, gelas objek, kaca preparat, dan klep.

2.2 Teknik Penelitian

2.2.1 Tahap Persiapan Penelitian

Pada penelitian ini persiapan yang dilakukan yaitu mengurus perizinan penelitian dan persiapan alat. Pada tahap perizinan dilakukan dengan mendapatkan surat persetujuan penelitian dari Dinas Pariwisata Kota Bukittinggi. Selanjutnya mempersiapkan alat yang akan digunakan dalam penelitian. Salah satu alat yang digunakan yaitu Dosimeter radon-thoron pasif buatan PTKMR-BATAN sebanyak 53 dosimeter.

2.2.2 Tahap Pengambilan Sampel

Tahap pengambilan sampel dilakukan dengan beberapa langkah. Langkah pertama yaitu penentuan titik lokasi pemasangan dosimeter radon-thoron pasif di dalam maupun di luar Lobang Jepang. Penentuan titik lokasi dosimeter pasif dilakukan di 50 titik lokasi pemasangan di dalam objek wisata dengan jarak 20 meter per tiap titik lokasi dan 3 titik dilakukan pemasangan di luar objek wisata.

Langkah kedua pada tahap pengambilan sampel yaitu melakukan pemasangan dosimeter radon-thoron pasif di Lobang Jepang Bukittinggi. Pemasangan dosimeter radon-thoron pasif dilakukan dengan cara digantung selama 2 minggu. Dosimeter radon-thoron pasif buatan BATAN, dikirim langsung ke Padang sebanyak 50 dosimeter. Sebelum alat tersebut digantung maka dilakukan pemberian tanda atau kode pada dosimeter radon-thoron pasif. Setelah alat digantung selama 2 minggu, tahap selanjutnya yaitu pengambilan dosimeter pasif tersebut. Pengambilan dosimeter radon-thoron pasif di dalam Lobang Jepang dimasukkan ke dalam plastik, lalu diikat agar tidak terkena paparan radiasi di titik lokasi lainnya.

2.2.3 Tahap Pengetsaan dan Pembacaan Jejak

Dosimeter radon-thoron pasif yang telah diambil dari Lobang Jepang Bukittinggi kemudian dibawa ke PTKMR-BATAN untuk tahap pengetsaan dan pembacaan jejak detektor CR-39. Pada tahap pengetsaan dilakukan proses kimia dengan memasukkan larutan NaOH 6,25 N ke dalam gelas objek yang berisi detektor CR-39 dan dimasukkan ke *oven* selama 7 jam dengan temperatur 80 °C. Detektor CR-39 dibersihkan dari larutan NaOH menggunakan *ultrasonic vibrator*. Setelah dibersihkan, dilanjutkan dengan mengeringkan detektor CR-39 menggunakan desikator elektrik. Selanjutnya dilakukan proses pembacaan jejak partikel alfa pada detektor CR-39 yang sudah dikeringkan. Alat yang digunakan dalam pembacaan jejak partikel alfa tersebut menggunakan mikroskop optik.

2.2.4 Teknik Pengolahan Data

Pengolahan data dimulai dengan menghitung konsentrasi gas radon dan konsentrasi gas thoron dengan menggunakan Persamaan (1)

$$C_{Rn} = \frac{N_T - N_B}{E_{Rn} \times T} \quad (1)$$

dengan keterangan C_{Rn} adalah konsentrasi gas radon (Bq/m^3), N_T adalah Jumlah jejak total (jejak/ mm^2), N_B adalah Jumlah jejak latar (jejak/ mm^2), E_{Rn} adalah Efisiensi detektor untuk gas radon (jejak/ $5,0625 mm^2/Bqm^{-3}hari$), dan T adalah Waktu pemaparan (hari). Teknik selanjutnya dengan menghitung estimasi dosis efektif yang diterima pengunjung dan pemandu wisata dengan menggunakan Persamaan (2)

$$DE_{Rn} = FKD_{Rn} \times F \times T \times C_{Rn} \quad (2)$$

dengan keterangan DE_{Rn} yaitu dosis efektif tahunan pada radon dan luruhannya ($mSv/tahun$), FKD_{Rn} yaitu faktor konversi dosis radon yaitu $9 nSv/Bqm^{-3} jam$ (UNSCEAR, 2008), F yaitu faktor kesetimbangan gas radon yaitu 0,4 (ICRP Publikasi 65), T yaitu Lama waktu berada di dalam Lobang Jepang Bukittinggi ($jam/tahun$), dan C_{Rn} yaitu konsentrasi gas radon (Bq/m^3).

2.2.5 Teknik Analisis Data

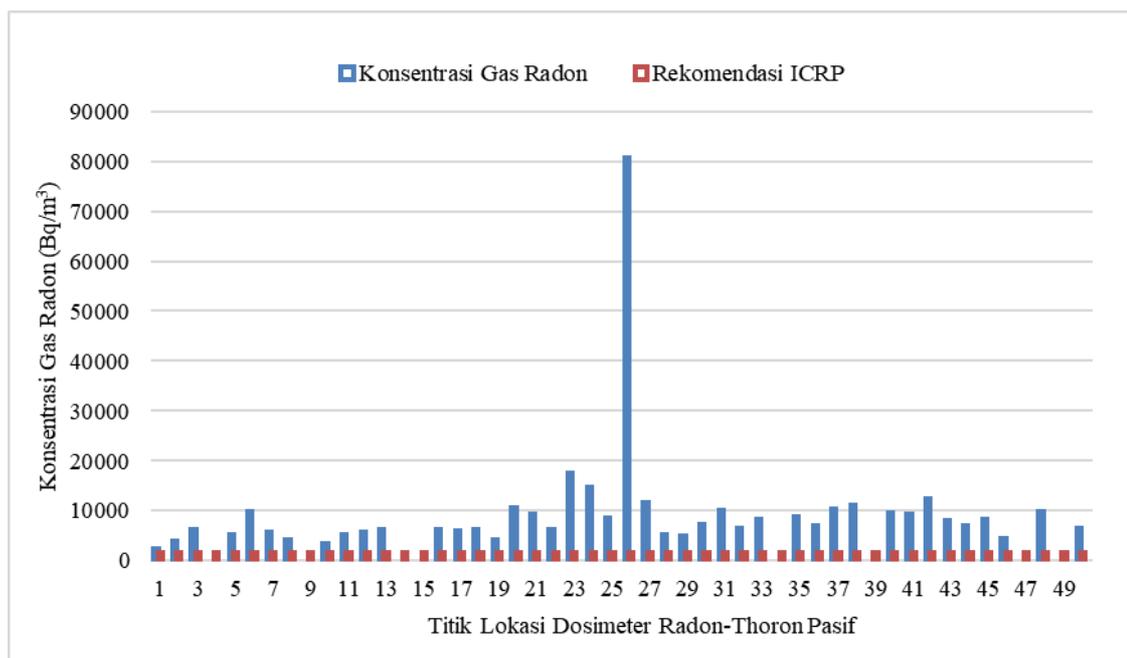
Hasil perhitungan konsentrasi gas radon dan gas thoron serta perhitungan estimasi dosis efektif yang telah didapatkan, selanjutnya dibuat dalam bentuk grafik *line* (garis). Setelah didapatkan grafik maka dilakukan analisis konsentrasi gas radon dan gas thoron berdasarkan rekomendasi internasional ICRP publikasi 65 dan analisis estimasi dosis efektif tahunan yang telah didapatkan berdasarkan rekomendasi dari UNSCEAR tahun 2000.

III. HASIL DAN DISKUSI

Pemantauan konsentrasi gas radon dan gas thoron di Lobang Jepang Bukittinggi dilakukan dengan memasang dosimeter sebanyak 50 titik lokasi di dalam Lobang Jepang dan 3 buah dosimeter berada di luar objek wisata tersebut. Secara keseluruhan jumlah dosimeter yang dapat diambil kembali berjumlah 42 buah dosimeter. Dosimeter yang tidak dapat diambil di dalam Lobang Jepang sebanyak 8 buah disebabkan kondisi langit-langit gua yang dapat dijangkau oleh pengunjung atau dikarenakan jatuh, pecah maupun hilang.

3.1 Hasil Konsentrasi Gas Radon

Konsentrasi gas radon di Lobang Jepang Bukittinggi dapat diketahui setelah menghitung jejak tampak di detektor CR-39. Jumlah jejak tampak yang berada pada detektor CR-39 dimasukkan ke perhitungan pada Persamaan (1), kemudian diplot dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 1.

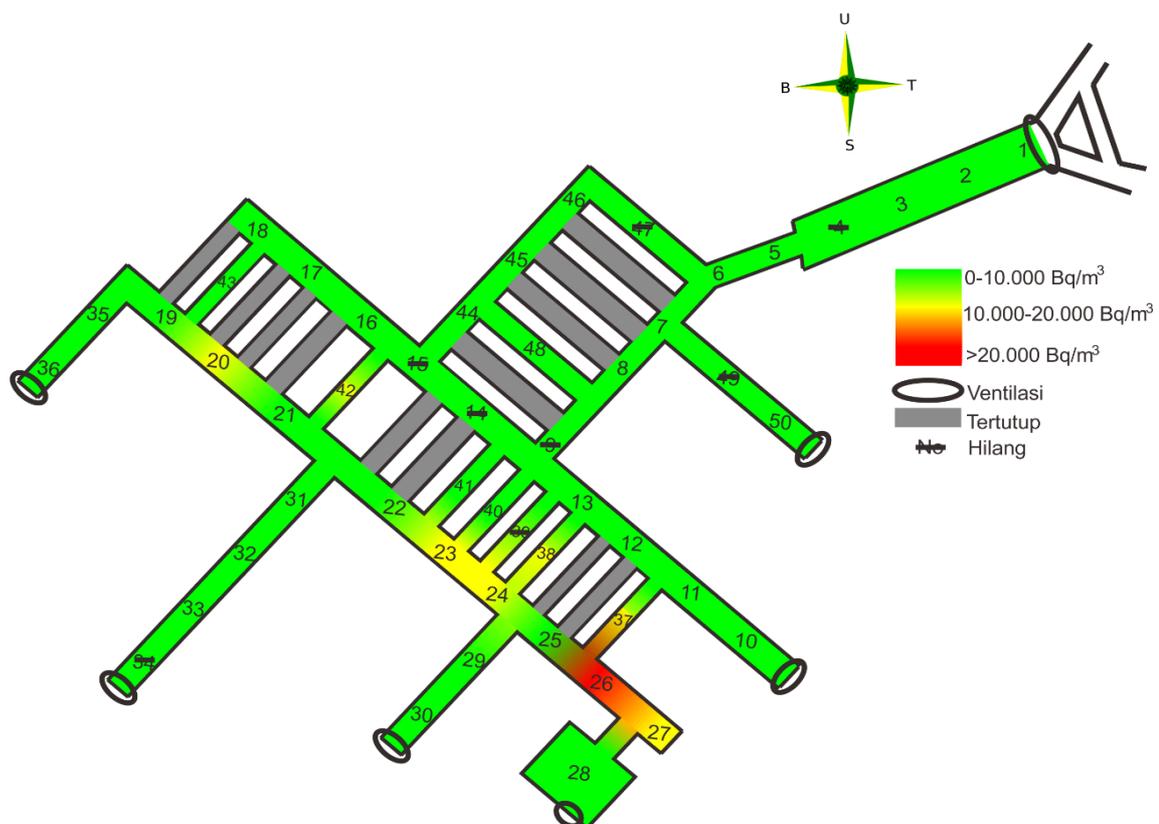


Gambar 1 Grafik konsentrasi radon di Lobang Jepang Bukittinggi

Pada Gambar 1 didapatkan grafik hasil konsentrasi gas radon di 50 titik lokasi pemasangan dosimeter radon-thoron pasif pada Lobang Jepang Bukittinggi. Hasil konsentrasi radon terendah berada pada titik lokasi No. 1 yaitu $2469,87 \pm 174,65 \text{ Bq/m}^3$ sedangkan untuk konsentrasi tertinggi berada pada lokasi No. 26 yaitu $80641,18 \pm 5702,19 \text{ Bq/m}^3$. Adapun rata-rata konsentrasi gas radon di dalam Lobang Jepang sekitar $9385,50 \pm 663,65 \text{ Bq/m}^3$. Nilai tersebut lebih besar dibandingkan rata-rata nilai konsentrasi yang berada di luar objek wisata. Berdasarkan Gambar 1 dan rata-rata konsentrasi gas radon tersebut melebihi referensi batas ambang yang telah direkomendasikan oleh ICRP Publikasi No. 65 yaitu 1.500 Bq/m^3 untuk gas radon. Hasil ini juga sama dengan penelitian Manda, dkk (2016), Shahin, dkk (2007), dan Akmal, dkk (2013) yang melebihi dari ambang batas rekomendasi dari ICRP. Berikut lokasi penyebaran konsentrasi gas radon di dalam Lobang Jepang Bukittinggi dibuat menggunakan aplikasi CorelDRAW X7 yang terlihat pada Gambar 2.

Penyebaran konsentrasi gas radon pada Gambar 2 memiliki titik lokasi yang terendah berwarna hijau dalam rentang 0-10.000 Bq/m³, warna kuning berada dalam rentang 10.000 Bq/m³-20.000 Bq/m³ dan tertinggi berwarna merah yang memiliki konsentrasi di atas 20.000 Bq/m³. Hasil penyebaran konsentrasi radon pada denah tersebut didominasi dengan warna hijau, sedangkan pada warna kuning terdapat di 7 titik pengukuran. Pada penyebaran konsentrasi gas radon yang tinggi ditandai warna merah, berada di titik 26 dengan nilainya yaitu 80641,18 ± 5702,19 Bq/m³. Hasil ini melebihi konsentrasi gas radon tertinggi di Gua Londa dan Gua Ke'te Kesu pada penelitian Manda,dkk (2016).

Tingginya konsentrasi gas radon di semua titik pengukuran pada umumnya disebabkan oleh keadaan geologi seperti tanah dan batuan yang terdapat pada kandungan uranium (Muklis, 2000). Besarnya konsentrasi gas radon juga dipengaruhi oleh kurangnya ventilasi udara, sehingga udara terkungkung dan tidak terjadi pertukaran udara di sekitar titik No. 26 (Wilkening, 1990). Selain itu, Kondisi gua pada titik tersebut terdapat keadaan dinding yang masih dalam batuan alami yang belum dilapisi dengan semen sehingga tingginya paparan konsentrasi gas radon pada titik tersebut.

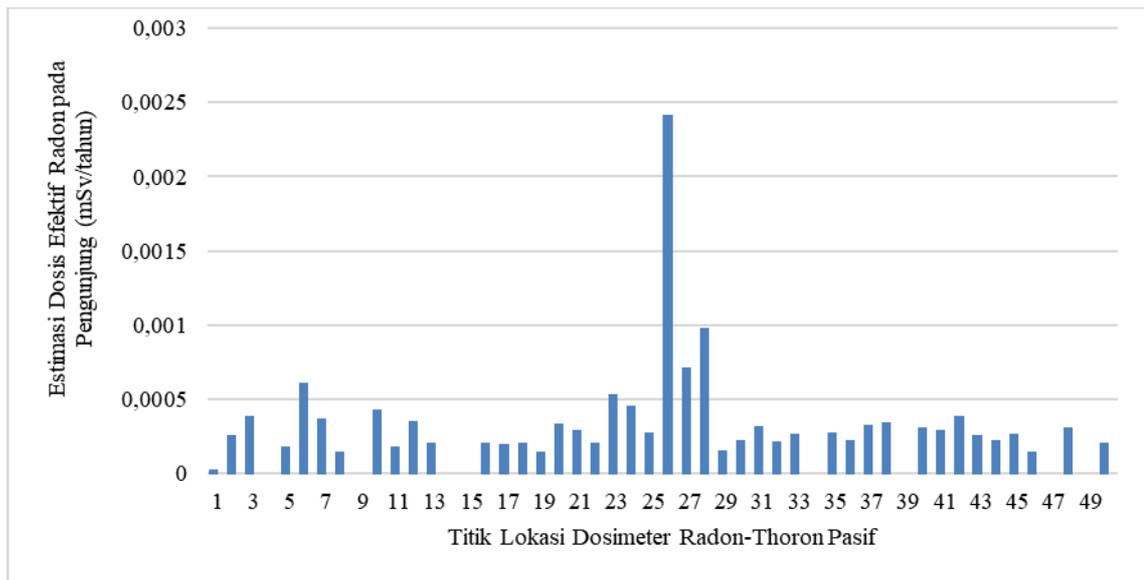


Gambar 2 Denah persebaran konsentrasi gas radon di dalam Lobang Jepang Bukittinggi

3.2 Estimasi Dosis Efektif Gas Radon

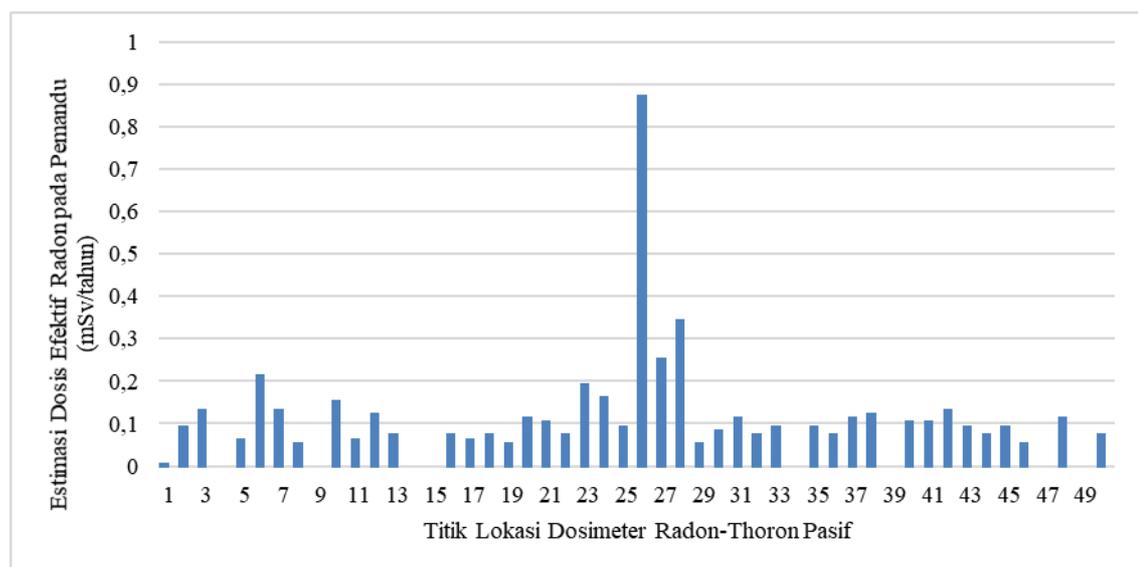
Estimasi dosis efektif gas radon yang diterima pengunjung dan pemandu wisata dapat dihitung menggunakan persamaan (2). Pada persamaan tersebut, terdapat waktu pengunjung dan pemandu selama memasuki Lobang Jepang Bukittinggi. Pada pengunjung waktu yang dibutuhkan selama menjelajahi Lobang Jepang sekitar 32,5 menit untuk satu kali masuk dalam satu tahun, sedangkan pada pemandu waktu yang dibutuhkan untuk menjelajahi sekitar 195,3 jam selama satu tahun. Nilai estimasi dosis efektif yang akan diterima pengunjung dapat dilihat pada Gambar 3.

Grafik estimasi dosis efektif pada pengunjung dapat dilihat pada Gambar 3 menunjukkan dosis efektif yang terendah berada pada titik 1 karena pada titik tersebut pemasangan dosimeter di gantung dekat ventilasi dan pintu masuk. Dosis efektif tertinggi berada pada titik 28 yaitu 96×10^{-5} mSv/tahun. Total dosis efektif gas radon pada pengunjung yaitu $1,4 \times 10^{-2}$ mSv/tahun. Estimasi dosis efektif gas radon pada pengunjung tidak melebihi dari batas yang telah direkomendasikan oleh UNSCEAR tahun 2000.



Gambar 3 Grafik estimasi dosis efektif radon pada pengunjung

Estimasi waktu pada pemandu dalam memasuki Lobang Jepang Bukittinggi dilakukan dalam satu kali sehari rutin dalam satu tahun. Hasil estimasi dosis efektif pada pemandu terhadap gas radon dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Estimasi dosis efektif radon pada pemandu

Perkiraan dosis efektif yang diterima pemandu pada 50 titik pengukuran dapat dilihat pada Gambar 4. Pada grafik tersebut, terdapat estimasi dosis efektif gas radon terendah berada pada titik 1 yaitu 27×10^{-4} mSv/tahun dan yang tertinggi berada pada titik 26 yaitu 0,87 mSv/tahun. Tingginya dosis efektif yang dihasilkan oleh titik 26 dikarenakan tingginya konsentrasi gas radon dan lamanya berada di sekitar titik tersebut. Secara keseluruhan, total dosis efektif gas radon yang diterima pemandu berkisar 5,1 mSv/tahun. Total dosis efektif gas radon yang diterima pemandu berada di atas ambang yang telah di rekomendasikan oleh UNSCEAR tahun 2000 yaitu 1,15 mSv/tahun. Tingginya estimasi dosis efektif gas radon yang diterima pemandu, disarankan agar dapat mengurangi waktu berada di dalam objek wisata tersebut, atau dapat diberikan jadwal secara bergantian agar tidak seringnya pemandu masuk ke dalam objek wisata tersebut.

IV. KESIMPULAN

Konsentrasi gas radon di dalam lubang Jepang memiliki hasil yang melebihi ambang batas yang telah direkomendasikan oleh ICRP Publikasi 65 di semua titik pengukuran. Estimasi dosis efektif pada gas radon terhadap pengunjung masih di bawah ambang batas yang telah direkomendasikan oleh UNSCEAR tahun 2000, sedangkan pada pemandu terhadap gas radon melebihi ambang batas yang telah direkomendasikan oleh UNSCEAR tahun 2000.

UCAPAN TERIMA KASIH

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

DAFTAR PUSTAKA

- Akhadi, M., (2000), Dasar-Dasar Proteksi Radiasi, Rineka Cipta, Jakarta.
- Akmal, A.S., Dewang, S., Abdullah, B., dan Syarbaini., Analisis Kandungan Radiasi Radon dan Thoron di Gua Mimpi dan Gua Batu (Gua Wisata) Taman Nasional Bantimurung Bulusaraung Kab. Maros Sulawesi Selatan Makassar, Repository Universitas Hasanuddin, 2013.
- ICRP, Protection Against Radon-222 at home and at work, ICRP Publikasi 65, 1993.
- Manda, M., Wahyudi, Abdullah, B., & Dewang, S., Penentuan Konsentrasi Radon (Rn-222) dan Thoron (Rn-220) menggunakan Detektor Jejak Nuklir CR-39 di Gua Londa dan Ke'te' kesu, Repository Universitas Hasanuddin, 2016.
- Shahin, F., Eissa, M.F., dan Mostafa, R.M., Radon Measurements Using Track Detector in Wadi Sannur Cave, Radiation Protection and Dosimetry, 42 (46), 2007.
- UNSCEAR, 2000, Source and Effects of Ionizing Radiation, United Nations Scientific Committee on Effect of Atomic Radiation, Rep. To General Assembly, New York.
- UNSCEAR, 2008, Source and Effects of Ionizing Radiation, United Nations Scientific Committee on Effects of Atomic Radiation. United Nations, New York.
- Wahyudi, Iskandar D, Safitri R, dan Kusdiana, Determination of Radon Concentrations in Dwelling in Aceh, Natural, 17 (2), 2017.
- Wilkening, M, (1990), Radon in The Environment. Department of Physics, New Mexico Institute of Mining and Technology, USA.
- Yulianingsih, T.M, (2010), Jelajah Wisata Nusantara: Berbagai Pilihan Tujuan Wisata di 33 Provinsi, Medpress, Jakarta.
- Rizal, H., 2019, Jumlah Kunjungan Wisata ke Bukittinggi Meningkat, <http://pariwisata.m.klikpositif.com>, diakses 07 Januari 2019.