



PENGUKURAN KONTAMINASI URANIUM DAN STRONSIUM-90 PADA KEGIATAN ANALISIS UJI *IN VITRO* DI LABORATORIUM KIMIA PDPL BATAN

CONTAMINATION MEASUREMENT OF URANIUM AND STRONTIUM-90 ON VITRO ANALYSIS AT PDPL CHEMICAL LABORATORY – BATAN

M.R. Sarpriani, D.A. Prastowo, dan I.D. Junianto

ABSTRAK

Kontaminasi permukaan daerah kerja pada Laboratorium PDPL (Pemantauan Dosis Personel dan Lingkungan)—sebelumnya Laboratorium Kimia PDPL (Pemantauan Dosis Personel dan Lingkungan)—memiliki pengaruh terhadap keselamatan pekerja secara langsung maupun tidak langsung. Pada analisis uji *in vitro* terdapat kemungkinan masuknya zat radioaktif akibat kontaminasi ketika proses pengambilan uranium dan Sr-90 dari penyimpanan sumber, kegiatan preparasi, dan saat proses pelimbahan. Penelitian ini bertujuan sebagai upaya proteksi dan keselamatan radiasi terhadap pekerja dari kontaminasi pada saat melakukan kegiatan analisis uji *in vitro* di laboratorium kimia PDPL. Pengukuran menggunakan survei meter didapatkan tingkat kontaminasi tertinggi mencapai $0,03 \text{ Bq/cm}^2$ pada botol sumber Sr-90. Dari hasil perhitungan tingkat kontaminasi permukaan di botol penyimpanan sumber dan di *hotplate* pemanasan larutan *spike* (larutan yang terdapat sumber uranium dan Sr-90) diperoleh hasil bahwa pada daerah pengawasan tidak memerlukan tindakan proteksi atau keselamatan khusus, yaitu rata-rata tingkat kontaminasi permukaan pada daerah kerja tergolong rendah ($<3,7 \text{ Bq/cm}^2$). Tingkat kontaminasi dapat disebabkan karena aktivitas penggunaan radioisotop setiap harinya berbeda-beda. Dosis yang diterima pekerja pada saat melimbahkan limbah padat, cair, dan saat di ruang sumber dikategorikan aman karena tidak melebihi Nilai Batas Dosis (NBD) yang ditentukan, yaitu sebesar $3 \mu\text{Sv/jam}$.

Kata Kunci: Kontaminasi Radiasi; Uranium; Sr-90; Analisis Uji *In Vitro*.

ABSTRACT

Surface contamination on workspace at PDPL Chemical Laboratory directly and indirectly affects the safety of radiation workers. During in vitro analysis it is possible that any radioactive contamination could happen while taking and preparing uranium and Sr-90 isotopes from their respective source or due to the disposal process. This research aims as a protection and safety measure for radiation workers from contamination during in vitro analysis at PDPL chemical laboratory. By measurements

M. R. Sarpriani, D. A. Prastowo, & I. D. Junianto

*Direktorat Pengelolaan Laboratorium, Fasilitas Riset, dan Kawasan Sains dan Teknologi BRIN, e-mail: mell001@brin.go.id

@ 2023 Penerbit BRIN"

M. R. Sarpriani, D. A. Prastowo, dan I. D. Junianto, "Pengukuran kontaminasi uranium dan stronsium-90 pada kegiatan analisis uji *in vitro* di laboratorium kimia PDPL BATAN," Dalam *Prosiding Seminar APISORA 2021 "Peran Isotop dan Radiasi untuk Indonesia yang Berdaya Saing,"* T. Wahyono, A. Citraresmini, D. P. Rahayu, Oktaviani, dan N. Robifahmi, Eds. Jakarta: Penerbit BRIN, November 2023, ch. 17, pp. 173–181, DOI: 10.55981/brin.690.c658 E-ISBN: 978-623-8372-02-7



conducted using survey meters, contamination up to $0,03 \text{ Bq/cm}^2$ is found on the Sr-90 source bottle. From calculation of surface contamination on the source and on the hotplate used to heat spike solution containing uranium and Sr-90, it is concluded that there is no necessary special safety or protection action in the supervising area as the average surface contamination at the workplaces are quite low ($<3,7 \text{ Bq/cm}^2$). Contamination level difference may occur from different levels of radioisotope usage each day. The absorbed dose received by the workers while disposing solid or liquid waste and while in the source room can be said to be safe as it doesn't exceed specified Hourly Dosage Limit (NBD) of $3 \mu\text{Sv/hour}$.

Keywords: Radioactive Contamination; Uranium; Strontium-90; In Vitro Analysis.

PENDAHULUAN

Pengukuran dosis personel di Organisasi Riset Tenaga Nuklir (ORTN) dilakukan dengan metode analisis urin secara *in vitro* oleh subbidang Pemantauan Dosis Personel dan lingkungan (PDPL). Pada metode ini, digunakan sumber uranium untuk pengukuran dosis alfa adalah isotop uranium, sedangkan untuk dosis beta digunakan isotop Sr-90. Dalam kegiatan ini, radionuklida dilarutkan dalam larutan *spike* untuk kemudian dijadikan standar untuk analisis perhitungan besarnya dosis. Sebagai kegiatan yang melibatkan radionuklida, tentu terdapat potensi paparan eksternal dan internal baik pada saat pengambilan sumber, pemanasan larutan *spike*, maupun pelimbahan.

Stronsium-90 merupakan salah satu radionuklida paling berbahaya menurut sudut pandang proteksi radiasi, mengingat sifatnya yang mirip dengan kalsium. Akibatnya, Sr-90 dapat tersimpan di jaringan berkalsium, seperti tulang. Selain itu, Y-90 sebagai hasil peluruhan beta dari Sr-90 menghasilkan partikel beta energi tinggi yang meningkatkan risiko kanker tulang [1]. Studi pada tikus juga menunjukkan bahwa paparan radiasi internal dari Sr-90 dapat mengganggu siklus asam trikarboksilat yang merupakan jalur utama produksi energi [2]. Diketahui bahwa isotop Sr-90 mempunyai umur paruh fisis selama 28,8 tahun dan umur paruh biologis selama 13 tahun [1],[3].

Uranium merupakan unsur radioaktif pemancar partikel alfa yang bersifat racun baik secara kimia maupun radiologi. Kontaminasi uranium dan produk peluruhannya ke lingkungan (udara, tanah, dan air) dapat membahayakan kesehatan tubuh dan lingkungan. Uranium dapat masuk ke tubuh melalui pernapasan, pencernaan, penyerapan kulit, ataupun lewat luka. Masuknya uranium ke dalam tubuh dapat memengaruhi fungsi ginjal, paru-paru, hati, dan jantung. Urutan jaringan tubuh berdasarkan kadar uraniumnya, yaitu paru-paru > rangka > hati > ginjal [4],[5]. Meskipun demikian, risiko kanker dari paparan uranium dapat diturunkan melalui pemantauan medis yang terkendali supaya tingkat paparan uranium di bawah batas toksisitas akut [6].

Berdasarkan hal tersebut, pengukuran kontaminasi bertujuan untuk menganalisis tingkat kontaminasi permukaan dan laju paparan radiasi serta sebagai upaya proteksi radiasi dan keselamatan radiasi terhadap pekerja pada saat melakukan kegiatan analisis



uji *in vitro* di laboratorium kimia PDPL. Dengan demikian, tindakan-tindakan pencegahan dan perbaikan dapat dilakukan demi keselamatan pekerja radiasi di dalamnya.

METODE PERCOBAAN

Bahan dan Alat

Pada penelitian ini digunakan dua buah surveimeter, masing-masing untuk mengukur tingkat kontaminasi partikel alfa dan partikel beta. Pada pengukuran kontaminasi alfa digunakan Radiagem 2000 Alpha nomor seri 3235, sedangkan pada pengukuran kontaminasi beta digunakan Radiagem 2000 Beta Gamma nomor seri 3235. Kedua surveimeter masih mempunyai sertifikat kalibrasi yang layak pada saat pengukuran dilakukan.

Selain surveimeter untuk monitor kontaminasi, digunakan pula surveimeter untuk mengetahui laju paparan dalam satuan $\mu\text{Sv}/\text{jam}$. Surveimeter yang dipakai adalah *Inspector USB* dengan nomor seri 45665. Surveimeter ini juga masih layak digunakan, ditunjukkan oleh sertifikat kalibrasinya.

Tata Kerja

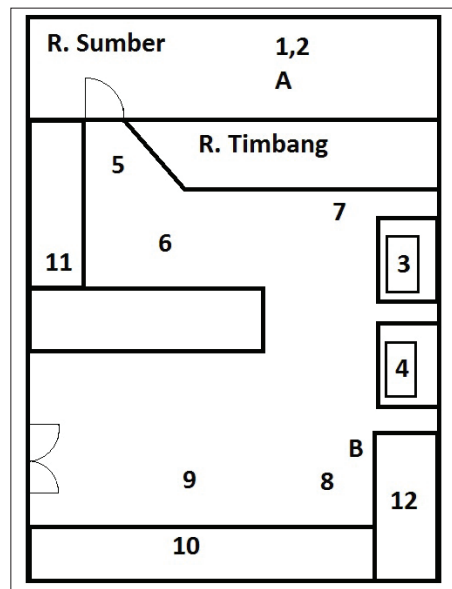
Pengambilan data dilakukan pada bulan April 2021 saat kegiatan analisis urin uji *in vitro* di Laboratorium PDPL (Pemantauan Dosis Personel dan Lingkungan) BRIN. Pengukuran tingkat kontaminasi dilakukan dengan metode usap (*smear/wipe test*), alat yang digunakan surveimeter, kertas saring, pinset, planset, kantong plastik, serta pelindung diri, yaitu sarung tangan, jas laboratorium, masker, dan TLD.

Pengukuran kontaminasi permukaan dilakukan pada dua belas titik yang telah ditentukan. Titik-titik tersebut lebih dititikberatkan pada daerah-daerah yang mempunyai risiko terkontaminasi baik secara jumlah maupun probabilitas akibat tumpahan zat cair atau larutan radioaktif serta daerah tersebut cukup sering digunakan atau dilalui. Denah ruang laboratorium kimia di PDPL dan penomoran titik-titik pengambilan sampel ditunjukkan pada Tabel 1 dan Gambar 1, sedangkan diagram alir ditunjukkan pada Gambar 2 [7],[8],[9].

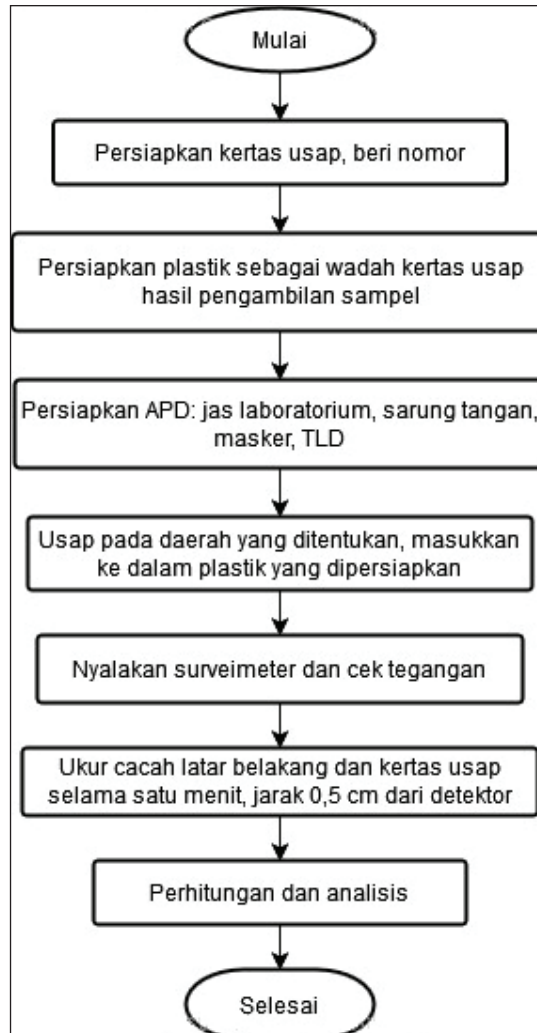


Tabel 1. Data Lokasi Pengukuran

Kode	Nama Tempat
1	Botol sumber uranium
2	Botol sumber Sr-90
3	Hotplate uranium
4	Hotplate Sr-90
5	Lantai daerah A
6	Lantai daerah B
7	Lantai daerah C
8	Lantai daerah D
9	Lantai daerah E
10	Meja laboratorium A
11	Meja laboratorium B
12	Meja laboratorium C
A	Ruang sumber
B	Tempat pelimbahan

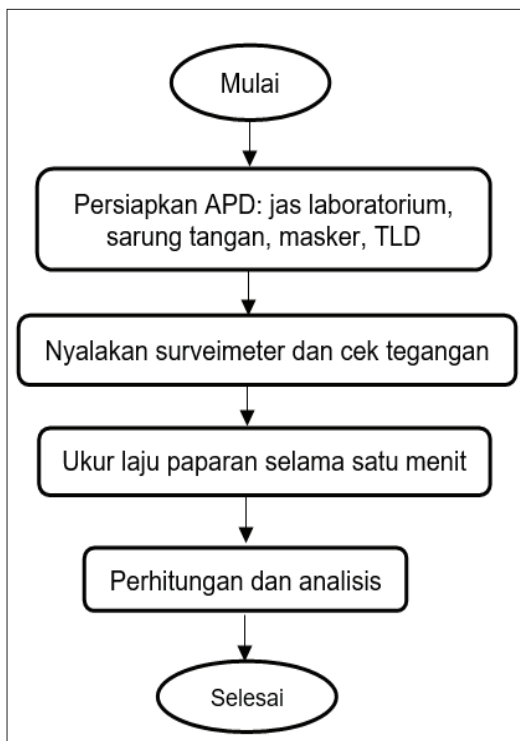


Gambar 1. Denah Lokasi Pengukuran (1-12: kontaminasi, A-B: laju paparan)



Gambar 2. Diagram Alir Pengukuran Kontaminasi Permukaan

Selanjutnya, laju dosis diukur menggunakan surveimeter, untuk mengetahui seberapa besar dosis yang diterima pegawai saat berada pada tempat yang terkontaminasi [10]. Sebelum digunakan untuk pengukuran, tegangan baterai dicek dan cacah latar belakang diukur. Kemudian, pengukuran laju paparan radiasi dilakukan pada jarak kontak dan pada jarak satu meter. Lalu hasil yang terbaca pada alat ukur dicatat. Diagram alir untuk pengukuran laju paparan dapat dilihat Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Pengukuran Laju Paparan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum pengukuran kontaminasi dilakukan, cacah radiasi latar diukur terlebih dahulu yaitu sebesar $10,82 \times 10^{-3} \text{ Bq/cm}^2$. Besar kontaminasi adalah selisih antara radiasi terukur dan radiasi latar. Setelah data-data sampel tes usap diukur maka besarnya kontaminasi dapat ditentukan pada Laboratorium Kimia. Besarnya kontaminasi pada sampel tes usap ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengukuran Kontaminasi pada Bulan April 2021

No. Sampel	Nama Tempat	Besar Kontaminasi
1	Botol sumber uranium	0,01082 Bq/cm ²
2	Botol sumber Sr-90	0,03 Bq/cm ²
3	Hotplate uranium	Latar
4	Hotplate Sr-90	0,015 Bq/cm ²
5	Lantai daerah A	Latar
6	Lantai daerah B	Latar
7	Lantai daerah C	Latar
8	Lantai daerah D	Latar
9	Lantai daerah E	Latar
10	Meja laboratorium A	Latar
11	Meja laboratorium B	Latar
12	Meja laboratorium C	Latar



Hasil perhitungan terhadap data-data pengukuran menunjukkan bahwa tingkat kontaminasi pada daerah yang dipantau relatif bervariasi. Titik lokasi yang mempunyai kontaminasi saat melakukan uji *in vitro*, meliputi *hotplate* tempat pemanasan larutan *spike* stronsium-90, botol sumber uranium, dan stronsium-90. Kontaminasi dapat terjadi akibat tumpahan saat mengambil sumber uranium dan stronsium-90, serta dibawa oleh uap saat pemanasan larutan *spike*. Sementara itu, pada lantai daerah fasilitas laboratorium dan meja laboratorium yang digunakan pekerja radiasi saat melakukan uji *in vitro* terdapat kontaminasi sebesar tingkat radiasi latar. Berdasarkan JAERI, tingkat kontaminasi ini masih tergolong aman bagi pekerja radiasi, yaitu di bawah $3,7 \text{ Bq/cm}^2$ [11].

Tingkat kontaminasi tertinggi mencapai $0,03 \text{ Bq/cm}^2$ pada botol sumber Sr-90. Berdasarkan JAERI, nilai ini tergolong kontaminasi tingkat rendah, yaitu di bawah $3,7 \text{ Bq/cm}^2$ [11]. Meskipun demikian, kontaminasi tetap berpeluang masuk ke dalam tubuh pekerja. Tingkat kontaminasi terendah atau mendekati sama dengan data cacah latar terdapat pada lantai fasilitas laboratorium dan meja laboratorium. Dari hasil perhitungan tingkat kontaminasi permukaan di beberapa lokasi dapat disimpulkan bahwa pada daerah pengawasan tidak diperlukan tindakan proteksi atau keselamatan khusus karena tingkat kontaminasi permukaan pada daerah kerja tersebut tergolong rendah ($< 3,7 \text{ Bq/cm}^2$) [11],[12].

Hasil pengukuran laju paparan dan perkiraan dosis yang diterima pekerja radiasi pada proses pengambilan sumber uranium dan Sr-90 dari ruang penyimpanan sumber dan pada saat proses pelimbahan disajikan pada Tabel 3. Nilai ini masih jauh di bawah nilai batas dosis (NBD) tahunan yang diizinkan. Dosis total maksimum untuk petugas radiasi dalam Laboratorium PDPL adalah $3/10$ NBD atau 6 mSv/tahun . Apabila diasumsikan dalam 1 tahun terdapat 2000 jam waktu kerja maka batas laju dosis rata-rata maksimum untuk petugas radiasi adalah $3 \text{ } \mu\text{Sv/jam}$.

Tabel 3. Pengukuran Laju Paparan pada Bulan April 2021

Nama Lokasi	Laju dosis diukur dengan jarak kontak	Laju dosis diukur dengan jarak 1 meter
Ruang Sumber	-	$0,4 \text{ } \mu\text{Sv/jam}$
Tempat Pelimbahan	$0,15 \text{ } \mu\text{Sv/jam}$	$0,08 \text{ } \mu\text{Sv/jam}$

Besarnya nilai laju paparan radiasi yang terukur ini termasuk laju dosis kurang dari $10 \text{ } \mu\text{Sv/jam}$, masih di bawah nilai batas dosis yang diizinkan sehingga aman bagi pekerja radiasi [13]. Daerah kerja dengan laju dosis kurang dari $10 \text{ } \mu\text{Sv/jam}$ tidak memerlukan tindakan pencegahan khusus terhadap radiasi eksternal, tetapi tetap harus menerapkan prinsip proteksi radiasi, yaitu justifikasi, limitasi, dan optimasi [6],[14],[15].



KESIMPULAN

Tingkat kontaminasi permukaan pada pengujian *in vitro* di Laboratorium Kimia PDPL termasuk dalam kategori rendah, yaitu di bawah $3,7 \text{ Bq/cm}^2$ dengan nilai tertingginya, yaitu $0,03 \text{ Bq/cm}^2$. Laju paparan pada saat pengujian *in vitro* sangat kecil, yaitu $0,4 \mu\text{Sv/jam}$, tidak melebihi batas rata-rata laju dosis, yaitu di bawah $10 \mu\text{Sv/jam}$. Dengan demikian, kegiatan pengujian *in vitro* pada Laboratorium Kimia PDPL BATAN tergolong aman dan tidak memerlukan tindakan proteksi atau keselamatan khusus. Meskipun demikian, prinsip proteksi radiasi, yaitu justifikasi, limitasi, dan optimasi tetap harus dipatuhi dalam rangka meminimalkan risiko akibat paparan dari kontaminasi isotop uranium dan Sr-90 pada saat melakukan pengujian *in vitro*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Bidang Pemantauan Dosis Personel dan Lingkungan, Organisasi Riset Tenaga Nuklir, atas izinnya dalam melakukan pengukuran pada Laboratorium Kimia PDPL BATAN sekaligus memberi izin dalam pembuatan makalah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Rivera-Silva dkk., "Comparison and validation of methods for the determination of ^{90}Sr by cerenkov counting in biological and sediment samples, including green chemistry metrics," *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, vol. 320, no. 1, pp. 109–122, 2019.
- [2] Maryam Goudarzi dkk., "A comprehensive metabolomic investigation in urine of mice exposed to strontium-90," *Radiation Research*, vol. 183, no. 6, pp. 665–674, 2015.
- [3] M.J. Woods dan S.E.M. Lucas, "Half-life of ^{90}Sr , measurement and critical review," *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, vol. 369, no. 2-3, pp. 534–538, 1996.
- [4] S.A. Katz, "The chemistry and toxicology of depleted uranium," *Toxics*, no. 2, pp. 50–78, 2014.
- [5] Jiri Patocka, "Human health and environmental uranium," *Military Medical Science Letter*, vol. 83, no. 3, pp. 120–131, 2014.
- [6] L. Stammler dkk., "Renal effects and carcinogenicity of occupational exposure of uranium: a meta-analysis," *Nephron Extra*, no 6, pp. 1–11, 2016.
- [7] U. L. Nisa dkk., "Analisis tingkat kontaminasi permukaan daerah kerja dan laju paparan radiasi pada instalasi kedokteran nuklir," *Youngster Physics Journal*, vol 6, no 1, pp 76–82, 2017.
- [8] D. C. B. de Souza dan R. Vicente, "Wipe sampling – review of the literature," *2011 International Nuclear Atlantic Conference – INAC 2011*, 2011.
- [9] University of Western Australia, *Wipe Test Procedure*, 13 Januari 2016, diakses pada 23 Oktober 2021. [Online] Web: <https://www.safety.uwa.edu.au/topics/radiation/radioactive-materials/wipe-test>



- [10] Il Park dkk., “Calculation of dose conversion coefficients for radioactive cesium in contaminated soil by depth and density,” *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, vol. 316, pp. 1213–1219, 2018.
- [11] T. Aburai, “Measurement of surface contamination and decontamination,” *Radioisotope and Nuclear Engineering School, JAERI*, 1991.
- [12] IAEA. *Manual on Decontamination on Surface*. Safety Series no 18. Vienna, 1982.
- [13] BAPETEN. “Perka BAPETEN No. 4 Tahun 2013 tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi,” 2013.
- [14] W. F. Morgan dan W. J. Bair, “Issues in Low Dose Radiation Biology: The Controversy Continues, A Perspective,” *Radiation Research*, vol. 179, no. 5, pp 501–510, 2013.
- [15] Muji Wiyono, “Pengukuran kontaminasi permukaan dan laju pajanan radiasi di RSUD dr. Soetomo Surabaya,” dalam *Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Fungsional Teknis Nonpeneliti*, 10 Desember 2006.