



KL-010

KAJIAN PENETAPAN NILAI PEMBATAS DOSIS DI PUSAT RISET DAN TEKNOLOGI APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI (PRTAIR) – BADAN RISET DAN INOVASI NASIONAL (BRIN)

DOSE LIMITATION VALUE STUDIES IN RESEARCH AND TECHNOLOGY CENTER FOR APPLICATION OF ISOTOPE AND RADIATION (PRTAIR) – NATIONAL RESEARCH AND INNOVATION AGENCY (BRIN)

Norman Pamungkas, Asti Nilatany, Emilia Annisa, dan Muhamad Aminudin

ABSTRAK

Pusat Riset Teknologi Proses Radiasi (PRTPR) (sebelumnya Pusat Riset dan Teknologi Aplikasi Isotop dan Radiasi/PRTAIR) melaksanakan beragam kegiatan penelitian, pengembangan, penerapan, dan pengkajian (litbangjirap) yang memanfaatkan isotop dan radiasi. Dalam setiap kegiatan litbangjirap, pengupayaan proteksi dan keselamatan radiasi wajib dilakukan salah satunya dengan cara penetapan nilai pembatas dosis (NPD) untuk kegiatan yang dilakukan di daerah kerja radiasi sesuai mandat yang diberikan kepada pemegang izin pemanfaatan tenaga nuklir sebagaimana diatur di dalam Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 4 Tahun 2013 tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi dalam Kegiatan Pemanfaatan Tenaga Nuklir. Nilai pembatas dosis (NPD), yang merupakan suatu bentuk upaya optimasi proteksi dan keselamatan radiasi, dapat diartikan sebagai nilai batas maksimum dosis radiasi yang diterima oleh pekerja radiasi di suatu fasilitas pemanfaatan tenaga nuklir pada kondisi operasi normal. Sampel data yang digunakan dalam kajian ini adalah data hasil evaluasi dosis tahunan pekerja radiasi di lingkungan PRTPR, BRIN selama kurun waktu 5 (lima) tahun terakhir. Penentuan nilai pembatas dosis (NPD) dalam kajian ini ditentukan berdasarkan pada rata-rata dosis maksimum di antara nilai kuartil atas dan nilai datum dosis maksimum tertinggi. Hasil dari kajian ini dapat dijadikan sebagai rekomendasi ke pemegang izin sebagai acuan besaran nilai pembatas dosis (NPD) di setiap kegiatan litbangjirap yang ada di PRTPR, BRIN. Dengan adanya penentuan nilai pembatas dosis ini, diharapkan setiap kegiatan litbangjirap yang ada di Pusat Riset dan Teknologi Aplikasi Isotop dan Radiasi (PRTPR) menjadi lebih optimal baik dari aspek keselamatan maupun keluarannya.

Kata Kunci: Proteksi; Keselamatan; Radiasi; Pembatas Dosis; Kuartil.

N. Pamungkas, A. Nilatany, E. Annisa, & M. Aminudin

*Pusat Riset Teknologi Proses Radiasi BRIN, e-mail: norm003@brin.go.id

@ 2023 Penerbit BRIN

N. Pamungkas, A. Nilatany, E. Annisa, dan M. Aminudin, "Kajian penetapan nilai pembatas dosis di Pusat Riset dan Teknologi Aplikasi Isotop dan Radiasi (PRTAIR) – Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)," 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. 24, pp. 243–249, DOI: 10.55981/brin.690.c665, E-ISBN: 978-623-8372-02-7



ABSTRACT

The Research Center for Radiation Process Technology (PRTPR) conducts a variety of research, development, application, and studies (R&D) activities. In all of the R&D activities, radiation protection and safety performances must be implemented, one of which by setting maximum permissible dose (MPD), for every activity inside working area with radiation exposure following the mandate which is given to the permit holder of nuclear energy utilization as regulated in Head of Nuclear Energy Regulatory Agency (BAPETEN) Regulation Number 4 of 2013 on Radiation Protection and Safety in Nuclear Power Utilization Activities. The maximum permissible dose (MPD), which is an effort to improve radiation protection and safety performances, can be interpreted as the upper limit of allowed radiation dose that one may receive by radiation workers inside a nuclear energy utilization facility under normal operating conditions. The sample data that being used in these studies are radiation workers annual dose evaluation in PRTPR – BRIN area for the last 5 (five) years. The maximum permissible dose (MPD) was determined based on the maximum dose rate between the upper quartile value and the highest maximum dose datum value. The result of this study can be used as a recommendation to the permit holder as a reference to set the dose limitation value for all of the R&D activities in PRTPR – BRIN. With the establishment of this dose limitation value, it is hoped that all R&D activities at the Research and Technology Center for Application of Isotope and Radiation (PRTPR) will be more optimum in terms of both safety and output.

Keywords: Protection; Safety; Radiation; Maximum Permissible Dose; Quartile.

PENDAHULUAN

Pusat Riset Teknologi Proses Radiasi/PRTPR (sebelumnya Pusat Riset dan Teknologi Aplikasi Isotop dan Radiasi/PRTAIR) sebagai salah satu pusat riset dan teknologi di bawah Organisasi Riset Tenaga Nuklir (ORTN), Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) melaksanakan beragam kegiatan penelitian, pengembangan, penerapan, dan pengkajian (litbangjirap) yang memanfaatkan isotop dan radiasi.

Setiap kegiatan litbangjirap, pengupayaan proteksi dan keselamatan radiasi wajib dilakukan salah satunya dengan cara penetapan nilai pembatas dosis (NPD) untuk kegiatan yang dilakukan di daerah kerja radiasi sesuai mandat yang diberikan kepada pemegang izin pemanfaatan tenaga nuklir sebagaimana diatur di dalam Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 4 Tahun 2013 tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi dalam Kegiatan Pemanfaatan Tenaga Nuklir. Peraturan ini mewajibkan setiap pemegang izin pemanfaatan tenaga nuklir untuk menerapkan optimalisasi proteksi dan keselamatan radiasi [1]. Pada Pasal 41 dan Pasal 43 ayat (1) dan ayat (2), diuraikan bahwa penerapan optimalisasi proteksi dan keselamatan radiasi salah satunya dapat dilaksanakan melalui penetapan pembatas dosis untuk pekerja radiasi. Pembatas dosis ditetapkan oleh pemegang izin pada tahap konstruksi dan/atau tahap operasi dan *decommissioning*.

Nilai pembatas dosis (NPD), yang merupakan suatu bentuk upaya optimasi proteksi dan keselamatan radiasi, dapat diartikan sebagai nilai batas maksimum dosis radiasi yang diterima oleh pekerja radiasi di suatu fasilitas pemanfaatan tenaga nuklir pada kondisi operasional normal.



Sampai dengan tahun 2014, belum ada satupun pemegang izin, baik di lingkungan ORTN, BRIN (sebelumnya bernama BATAN) maupun di lingkungan industri, serta medis yang telah membuat metode yang dapat digunakan untuk menentukan besarnya nilai pembatas dosis (NPD) [2].

Pada tahun 2015, metode kuartilisasi dosis maksimum diajukan sebagai metode yang dapat digunakan untuk menentukan nilai pembatas dosis (NPD) [3]. Penentuan nilai pembatas dosis (NPD) menggunakan metode ini berdasarkan pada nilai rata-rata (R) dosis maksimum pada zona 4, yaitu zona di antara nilai kuartil atas (Q_3) dan nilai dosis maksimum tertinggi (X_T). Nilai pembatas dosis (NPD) yang diperoleh kemudian dijadikan acuan sebagai bentuk upaya optimalisasi proteksi dan keselamatan radiasi yang bersifat antisipatif.

Hasil kajian ini diharapkan menjadi acuan dalam penentuan nilai pembatas dosis (NPD) kawasan sebagai bentuk upaya optimalisasi proteksi dan keselamatan radiasi di lingkungan PRTPR - BRIN.

METODE PERCOBAAN

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan dalam kajian penentuan nilai pembatas dosis (NPD) ini adalah sampel data hasil evaluasi dosis tahunan pekerja radiasi di lingkungan PRTPR, BRIN selama kurun waktu 5 (lima) tahun terakhir, yaitu tahun 2016, 2017, 2018, 2019, dan 2020 [4].

Sampel data yang digunakan diperoleh dari hasil evaluasi *Thermoluminescent Dosimeter* (TLD) *badge* pekerja radiasi yang dilakukan secara periodik setiap triwulan dalam satu tahun. Data yang digunakan adalah data hasil evaluasi dosis yang diterima oleh pekerja radiasi pada kondisi operasional normal.

Sampel data yang digunakan adalah akumulasi dari hasil evaluasi dosis setiap pekerja radiasi di lingkungan PRTPR, BRIN selama 1 (satu) tahun atau selama 4 (empat) triwulan. Sampel data kemudian dikelompokkan berdasarkan unit kerjanya sesuai dengan bidang penelitian yang dikerjakan.

Tata Kerja

Setiap triwulan, Unit Keselamatan Kerja dan Proteksi Radiasi mengumpulkan TLD *badge* yang telah digunakan pekerja radiasi pada triwulan sebelumnya. TLD *badge* yang telah dikumpulkan kemudian diserahkan kepada unit kerja evaluator untuk diproses sehingga diperoleh data dosis radiasi yang telah diterima oleh setiap pekerja radiasi.

Hasil evaluasi dosis TLD *badge* oleh unit kerja evaluator diserahkan kembali kepada Unit Keselamatan Kerja dan Proteksi Radiasi dalam bentuk data dosis ekuivalen seluruh tubuh Hp (10) untuk kemudian dilakukan pencatatan dan pengolahan dalam bentuk pangkalan data penerimaan dosis radiasi [5].



HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil evaluasi dosis tahunan pekerja radiasi dikelompokkan berdasarkan setiap unit kerjanya. Pengelompokan data berdasarkan unit kerja dilakukan karena setiap unit kerja melakukan kegiatan dengan dosis paparan radiasi yang berbeda-beda terkait dengan jenis sumber radioaktif atau sumber radiasi pengion lain yang digunakan serta waktu kerja selama terpapar radiasi.

Sampel data yang digunakan, yaitu nilai datum dosis maksimum pekerja radiasi dari setiap unit kerja pada periode 2016–2020 disajikan secara lengkap pada Tabel 1.

Tabel 1. Dosis Maksimum Tahunan Pekerja Radiasi PRTPR Periode 2016–2020

Unit Kerja	Dosis Maksimum Tahunan (mSv)				
	2016	2017	2018	2019	2020
Industri dan Lingkungan	2	3.3	3	3.16	1.55
Proses Radiasi	1.08	1.15	1.31	1.6	0.87
Pertanian	1.16	1.35	1.6	1.53	0.73
Keselamatan Kerja dan Lingkungan	1.39	1.98	2.01	1.48	1.1
Iradiasi, Elektromekanik, dan Instrumentasi	1.23	1.63	1.85	1.39	0.79
Tata Usaha dan Pengamanan Nuklir	1.58	1.44	1.57	1.61	0.92

Berdasarkan ketentuan yang telah ditetapkan di dalam Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 4 Tahun 2013, seorang pemegang izin pemanfaatan tenaga nuklir harus mencermati apakah terdapat nilai dosis maksimum tertinggi yang telah melebihi 3/10 nilai batas dosis (NBD) yang telah ditetapkan (20 mSv per tahun untuk pekerja radiasi). Jika ditemukan nilai dosis maksimum tertinggi yang melebihi ketentuan, pemegang izin pemanfaatan tenaga nuklir harus melakukan evaluasi terhadap infrastruktur dan sumber daya manusia di institusi yang menjadi tanggung jawabnya.

Data datum dosis maksimum tertinggi yang disajikan pada Tabel 1 diurutkan terlebih dahulu dari nilai terkecil hingga nilai terbesar sehingga diperoleh data datum dosis maksimum tertinggi berurutan, seperti yang disajikan Tabel 2.

Tabel 2. Data Datum Dosis Maksimum Tertinggi

No.	Dosis mSv)	No.	Dosis mSv)	No.	Dosis mSv)
1.	0.73	11.	1.35	21.	1.60
2.	0.79	12.	1.39	22.	1.61
3.	0.87	13.	1.39	23.	1.63
4.	0.92	14.	1.44	24.	1.85
5.	1.08	15.	1.48	25.	1.98
6.	1.10	16.	1.53	26.	2.00
7.	1.15	17.	1.55	27.	2.01
8.	1.16	18.	1.57	28.	3.00
9.	1.23	19.	1.58	29.	3.16
10.	1.31	20.	1.60	30.	3.30



Data datum dosis maksimum tertinggi yang telah diurutkan, seperti tersaji pada Tabel 2 kemudian digunakan untuk mencari nilai kuartil bawah (Q_1), kuartil tengah (Q_2), dan kuartil atas (Q_3). Kuartil adalah suatu nilai-nilai yang membagi data yang telah diurutkan ke dalam 4 (empat) bagian yang memiliki nilai sama besar.

Jumlah data genap ($n = 30$), terlebih dahulu mencari nilai tengah (median) kelompok data tersebut yang sekaligus merupakan nilai kuartil tengah (Q_2). Nilai median/kuartil tengah (Q_2) terletak di antara nilai datum ke-15 (X_{15}) dan ke-16 (X_{16}).
 $Q_2 = \frac{1}{2} (1,48 + 1,53) = 1,505 \text{ mSv}$

Nilai kuartil bawah (Q_1) merupakan nilai tengah antara nilai datum terkecil (X_1) dan nilai median/kuartil tengah (Q_2). Nilai kuartil bawah (Q_1) terletak di antara nilai datum ke-8 (X_8) dan ke-9 (X_9).
 $Q_1 = \frac{1}{2} (1,16 + 1,23) = 1,195 \text{ mSv}$.

Nilai kuartil atas (Q_3) merupakan nilai tengah antara nilai median/kuartil tengah (Q_2) dan nilai datum terbesar (X_{30}). Nilai kuartil atas (Q_3) terletak di antara nilai datum ke-22 (X_{22}) dan ke-23 (X_{23}).
 $Q_3 = \frac{1}{2} (1,61 + 1,63) = 1,620 \text{ mSv}$.

Nilai pembatas dosis (NPD) ditentukan berdasarkan pada rata-rata (R) dosis maksimum di antara nilai kuartil atas (Q_3) dan nilai datum dosis maksimum tertinggi (X_{30}).

Tabel 3. Data Datum Dosis Maksimum Zona 4 ($Q_3 - X_{30}$)

Dosis (mSv)	
1.62	Q_3
1.63	
1.85	
1.98	
2.00	
2.01	
3.00	
3.16	
3.30	X_{30}

$$R = \frac{1}{9} (1,62 + 1,63 + 1,85 + 1,98 + 2 + 2,01 + 3 + 3,16 + 3,3) = 2,283 \text{ mSv}$$

Selanjutnya, ditentukan nilai simpangan baku (S) datum dosis maksimum pada zona 4



Tabel 4. Simpangan Baku Data Datum Dosis Maksimum Zona 4 ($Q_3 - X_{30}$)

	Dosis (mSv)	(X - R ²)
Q ₃	1.62	0.440
	1.63	0.427
	1.85	0.188
	1.98	0.092
	2.00	0.080
	2.01	0.075
	3.00	0.514
	3.16	0.769
X ₃₀	3.30	1.034

menggunakan persamaan

$$S = \sqrt{\frac{\sum |X - R^2|}{n}} \sqrt{\frac{\sum |X - R^2|}{n}}$$

diperoleh nilai simpangan baku (S) sebesar 0,672 mSV sehingga diperoleh nilai pembatas dosis (NPD) sebesar:

$$NPD = 2,283 \text{ mSv} + 0,672 \text{ mSv} = 2,956 \text{ mSv}$$

dilakukan pembulatan ke atas sehingga besar nilai pembatas dosis yang diperoleh dari hasil kajian ini adalah 3 mSv.

Usulan nilai pembatas dosis (NPD) yang ditentukan di lingkungan PRTPR, BRIN sebesar 3 mSv atau 15% dari nilai batas dosis (NBD) yang ditetapkan BAPETEN di dalam Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 4 Tahun 2013, yaitu sebesar 30% dari nilai batas dosis (NBD) (sebesar 20 mSv per tahun untuk pekerja radiasi). Hasil kajian ini dapat dijadikan rekomendasi ke pemegang izin pemanfaatan tenaga nuklir sebagai acuan besaran nilai pembatas dosis (NPD) di setiap kegiatan litbangjirap yang ada di PRTPR, BRIN.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian penentuan nilai pembatas dosis (NPD) di PRTPR, BRIN, diperoleh besaran nilai pembatas dosis (NPD) sebesar 3 mSv atau sebesar 15% dari nilai batas dosis (NBD) yang ditetapkan BAPETEN di dalam Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 4 Tahun 2013.

Hasil kajian ini dapat dijadikan rekomendasi ke pemegang izin pemanfaatan tenaga nuklir sebagai acuan besaran nilai pembatas dosis (NPD) di setiap kegiatan litbangjirap yang ada di PRTPR, BRIN sehingga diharapkan setiap kegiatan litbangjirap yang ada di PRTPR, BRIN menjadi lebih optimal, baik dari aspek keselamatan maupun keluarannya.



UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih untuk rekan-rekan di Unit Kerja Keselamatan Kerja dan Lingkungan khususnya Sub Keselamatan Kerja dan Proteksi Radiasi serta rekan-rekan di PRTPR, BRIN atas partisipasi serta dukungannya sehingga kajian ini dapat terlaksana dengan baik. Semoga kajian ini dapat dijadikan acuan sebagai bentuk upaya optimalisasi proteksi dan keselamatan radiasi di lingkungan PRTPR, BRIN.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pengawas Tenaga Nuklir, “Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir nomor 4 tahun 2013 tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi dalam Kegiatan Pemanfaatan Tenaga Nuklir,” Jakarta, 2013.
- [2] S. Muhammad, “Komparasi penentuan nilai pembatas dosis antara metode quartilisasi dosis maksimum dengan metode distribusi frekuensi pada zona quartil atas,” dalam *Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir*, pp. 209–214, 2018.
- [3] Rr. Djarwanti RPS, F. Priyadi, dan Adelili, “Penetapan pembatas dosis di PTRR - BATAN menggunakan metoda kuartilisasi,” dalam *Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Aplikasi Teknologi Nuklir*, pp. 70–74, 2016.
- [4] Unit Keselamatan Kerja dan Proteksi Radiasi, “Hasil evaluasi TLD 2017–2021 PAIR - BATAN,” Jakarta, 2021.
- [5] M. Aminudin dan F. A. E. Tethool, “Pemantauan dosis radiasi eksternal di PATIR - BATAN tahun 2012,” dalam *Prosiding Seminar Pengelolaan Perangkat Nuklir dan Pemanfaatan Isotop dan Radiasi*, pp. 145–150, 2013.
- [6] S. Muhammad and Rr. Djarwanti RPS, “Karakteristik nilai pembatas dosis dengan metode quartilisasi dosis maksimum, dalam *Prosiding Seminar Nasional Infrastruktur Energi Nuklir*, pp. 123–129, 2018.
- [7] S. Wiyuniati and Indragini, “Usulan nilai pembatas dosis bagi pekerja radiasi dan peserta pelatihan di Pusdiklat BATAN,” *Widyanuklida*, vol. 15, no. 1, pp. 46–51, 2015.
- [8] Y. R. Akhmad, “Konsep *dose constraint* dan masalah penerapannya,” *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah XV*, pp. 1–7, 2017.
- [9] International Atomic Energy Agency, “Radiation protection and safety of radiation sources: international basic safety standards,” GSR Part 3, Vienna, 2014.
- [10] International Atomic Energy Agency, “Occupational radiation protection,” GSG-7, Vienna, 2018.