



KL-009

KAJIAN ASPEK KESELAMATAN KEGIATAN PELIMBAHAN SUMBER RADIASI CO-60 BEKAS PENGGUNAAN DI IRADIATOR KARET ALAM (IRKA)

Muhamad Aminudin, Megy Stefanus, Rahmad Ramdani Sambari,
dan Norman Pamungkas

ABSTRAK

Iradiator Karet Alam (IRKA) milik Pusat Riset Teknologi Proses Radiasi/PRTTPR, ORTN, BRIN (sebelumnya Pusat Riset dan Teknologi Aplikasi Isotop dan Radiasi/PRTAIR – BRIN) digunakan sebagai fasilitas radiasi untuk penelitian dan layanan aplikasi isotop dan radiasi bagi peneliti dan pelanggan. Secara teknis, fasilitas ini digunakan sebagai media sterilisasi bagi sampel dan produk sesuai dengan dosis radiasi yang diinginkan. Beberapa sumber radiasi yang ada, sudah terpasang sejak tahun 1980-an. Seiring berjalannya waktu, 24 (dua puluh empat) sumber radiasi yang digunakan pada fasilitas tersebut sudah tidak relevan dan optimal karena mengalami peluruhan setiap 3,27 tahun sehingga perlu untuk dilakukan pelimbahan sumber radiasi bekas sebelum dilakukan penambahan atau penggantian sumber radiasi. Kendala yang muncul adalah diperlukan adanya pelimbahan pensil Co-60 yang ada agar nantinya dapat diisi dengan sumber radioaktif baru. Metode penelitian ini adalah dengan mengkaji dan mencermati tahapan-tahapan proses, dalam hal ini proses pengeluaran sumber radioaktif dari wadah lama dan pemindahan ke wadah pengangkutan disertai dengan kajian aspek keselamatan selama proses kegiatan. Dalam kegiatan pelimbahan ini, aspek keselamatan perlu diperhatikan, dimulai dengan pengurusan izin pelimbahan dan pengangkutan ke badan pengawas, penentuan wadah sumber radiasi yang digunakan, pemantauan paparan radiasi daerah kerja dan personel selama proses penanganan sumber radiasi dari fasilitas hingga proses pengiriman limbah ke tempat penyimpanan limbah radiasi. Aspek keselamatan selama kegiatan ini telah terpenuhi dengan perolehan laju dosis radiasi di daerah kerja dan dosis perorangan tidak melebihi ambang batas keselamatan. Setelah berlangsung selama 3 minggu efektif, proses pengiriman sumber radiasi Co-60 bekas penggunaan iradiator karet alam (IRKA) berhasil dilakukan pada tanggal 21 September 2021 dengan bukti dokumen izin pengangkutan BAPETEN dengan nomor 2234.343.45.13092021 dan Berita Acara Serah Terima sumber radiasi bekas dari Pusat Riset dan Teknologi Limbah Radioaktif (PRTLRL – BRIN).

Kata Kunci: Iradiator; Pelimbahan; Sumber Radiasi; Co-60.

M. Aminudin, M. Stefanus, R. R. Sambari, & N. Pamungkas

*Pusat Riset Teknologi Keselamatan, Metrologi dan Mutu Nuklir BRIN, e-mail: muha137@brin.go.id

@ 2023 Penerbit BRIN

M. Aminudin, M. Stefanus, R. R. Sambari, dan N. Pamungkas, "Kajian aspek keselamatan kegiatan pelimbahan sumber radiasi Co-60 bekas penggunaan di iradiator karet alam (IRKA)," 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. 23, pp. 233–242, DOI: 10.55981/brin.690.c664, E-ISBN: 978-623-8372-02-7



ABSTRACT

Latex Irradiator (IRKA) at Center for Isotopes and Radiation Application (CIRA) is used as a radiation facility for research and service in isotopes and radiation application for researchers and customers. Technically, this facility is used as sterilization media for samples and products which radiation doses as needed by customers. Radiation sources have existed since the 1980s. However, recently 24 (twenty-four) of radiation sources were not relevant and optimize to be used due to their decay time (3.27 years) and need to be disposed of before the facility could be upgraded with new radiation sources. In this disposal activity, multiple plans and steps have to be done and safety aspect needs to be concerned started from the legal aspect for disposal and transportation from the national nuclear regulator, choosing and assigning the right radiation source package, area, also radiation monitoring while the disposal activity was in the process until the last process to sent the radiation source to radioactive waste facility. Safety aspects during this disposal activity were achieved in which radiation doses in the work area and personal radiation dose were not exceeded to dose limit. The disposal activity was worked in 2 (two) weeks, the Latex Irradiator unused radiation sources Co-60 were succeeded to send to Center for Radioactive Waste Facility in 21st September 2021 which are proof by transportation document from National Nuclear Regulatory with number 2234.343.45.13092021 also supported with Send and Receive Report Document from Center for Radioactive Waste Facility.

Keywords: Irradiator; Dispose; Radiation Source; Co-60.

PENDAHULUAN

Irradiator Karet Alam (IRKA) adalah salah satu fasilitas iradiasi yang dimiliki oleh Pusat Riset Teknologi Proses Radiasi/PRTPR (sebelumnya Pusat Riset dan Teknologi Aplikasi Isotop dan Radiasi/PRTAIR), Organisasi Tenaga Nuklir (ORTN) – Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). PRTPR, ORTN, BRIN yang berada di Kawasan Nuklir Lebak Bulus, Jakarta Selatan, DKI Jakarta. Dibangun pada tahun 1982 dengan kapasitas desain maksimum untuk penggunaan aktivitas sumber radiasi mencapai 300.000 Curie dengan sumber radioaktif yang digunakan adalah Cobalt-60 sebagai media sterilisasi sampel dan produk penelitian dan layanan dari pelanggan yang terdiri dari peneliti di dalam dan luar PRTPR serta perusahaan komersil.

Namun seiring berjalannya waktu, proses layanan iradiasi tersebut tidak berjalan optimal dikarenakan terdapat penurunan aktivitas sumber radioaktif Cobalt-60 yang digunakan akibat peluruhan alamiah tiap 3.27 tahun, dan aktivitas terkini adalah sebesar 36800 Curie (September 2021). Inisiasi untuk pemulihan layanan iradiasi tersebut telah diupayakan melalui permohonan penambahan aktivitas sumber radioaktif ke manajemen PRTPR. Sebagai langkah lanjutan dari permohonan tersebut, pengelola fasilitas dan manajemen berinisiasi untuk mempersiapkan aspek teknis di fasilitas iradiasi dengan mengonfigurasi ulang posisi-posisi sumber radioaktif sebelum diisi oleh sumber radioaktif yang akan ditambahkan.

Dalam proses konfigurasi tersebut, diperoleh bahwa diperlukan adanya pengosongan posisi pada 24 batang pensil untuk dapat digunakan untuk sumber radioaktif yang baru nantinya. Oleh sebab itu, diperlukan tindak lanjut segera dengan melakukan pelimbanan sumber radioaktif bekas penggunaan tersebut. Kegiatan



pelimbahan dilakukan dengan rangkaian persiapan dan pelaksanaan yang melibatkan pihak terkait untuk mengirim limbah tersebut ke tempat penyimpanan akhir di PRTL/ORTN, BRIN, Serpong, Banten.

METODE PERCOBAAN

Tata Kerja

Pra Pelimbahan

Langkah awal proses pelimbahan dilakukan dengan koordinasi teknis dengan manajemen fasilitas iradiasi dengan melibatkan petugas pelaksana dari Pusat Riset dan Teknologi Limbah Radioaktif (PRTL/ORTN – BRIN) untuk dapat memberikan saran dan arahan tentang langkah teknis yang diambil untuk menentukan beberapa hal kajian dan ketentuan sehingga proses pelimbahan dapat terlaksana [1]. Pada tahap Pra-Pelaksanaan ini, terdapat beberapa kegiatan.

- ***Penelaahan Sumber Radioaktif***

Pada kegiatan ini, dilakukan pengkajian dan penentuan sumber radioaktif yang akan dilimbankan, dilakukan untuk memastikan sumber radioaktif mana saja yang akan dilimbankan. Hal ini diperlukan mengait ke proses layanan iradiasi yang akan berjalan tanpa adanya sumber radioaktif yang akan dilimbankan nantinya. Penentuan sumber radioaktif yang akan dilimbankan dilakukan secara eksperimental dan kajian oleh pekerja radiasi iradiator dengan memilah sumber-sumber radioaktif yang beraktivitas di bawah 50 Ci yang dianggap sudah tidak relevan dalam proses iradiasi materi dan tidak homogen mengiradiasi materi di daerah iradiasi.

- ***Penelaahan Wadah Sumber Radioaktif***

Setelah ditentukan sumber radioaktif, diperlukan juga pengkajian dan penentuan wadah pengangkutan dan penyimpanan sumber radioaktif yang akan digunakan dengan mempertimbangkan kondisi fisik bungkusan, jenis zat radioaktif, aktivitas zat radioaktif [1]. Wadah penyimpanan BRIT Lead Container BLC-100 digunakan dengan aspek kajian dokumen teknis wadah yang menginformasikan dapat menampung sumber radioaktif dengan kapasitas maksimum hingga 100 kCi, dibandingkan limbah radioaktif yang akan dilimbankan beraktivitas maksimum 450 Ci.

- ***Legalitas Pelimbahan Sumber Radioaktif***

Dalam setiap kegiatan pelimbahan sumber radioaktif, diperlukan permohonan aspek legal dari badan regulasi (BAPETEN) dalam hal pengangkutan sumber radioaktif dan PRTL/ORTN, BRIN dalam hal penyimpanan sumber radioaktif melalui proses layanan sistem informasi yang tersedia dari masing-masing institusi tersebut.



Pelaksanaan Pelimbahan

• Proses Pemindahan Sumber Radioaktif

Dalam hal penanganan sumber radioaktif yang tidak digunakan dan akan dilimbahkan ke wadah pengangkutan dan penyimpanan yang telah ditentukan sebelumnya diperlukan pemantauan dan pengawasan keselamatan dan keamanan yang sesuai dengan prosedur. Kegiatan berlangsung selama 10 hari kerja dengan fokus proses pemindahan sumber radioaktif berlangsung selama 3 hari. Dengan pertimbangan pandemi COVID-19 dan keterbatasan area kerja di ruang iradiasi, personel yang terlibat ditetapkan sebanyak 5 orang (1 orang PPR/Petugas K3, 2 orang operator *Long Tang Crawler* sumber radioaktif, dan 2 orang *observer*). *Observer* bertugas melacak posisi sumber radioaktif yang berada di wadah *source cage* di dalam kolam, sementara operator mencari posisi sumber radioaktif dan memindahkan sumber tersebut dari *source cage* ke wadah pengangkut (BLC-100). Tahapan tersebut diulangi hingga 24 sumber radioaktif berpindah dari *source cage* ke wadah pengangkut. Petugas Proteksi Radiasi memantau, mengukur, dan memastikan laju paparan radiasi selama di area kerja dalam batas ambang selamat dan aman dari bahaya radiasi eksternal serta memastikan sumber radioaktif berada dalam wadah pengangkutan.

1. Pemantauan Paparan Radiasi dan K3

Selama pelaksanaan mobilisasi sumber radioaktif, diperlukan adanya pemantauan aspek keselamatan umum dan radiasi pada aset kegiatan, yaitu personel, daerah kerja, dan instrumen yang terlibat, serta lingkungan. Kemudian juga dilakukan pengujian kebocoran radiasi pada wadah penyimpanan sumber radioaktif yang digunakan. Sebagai langkah verifikasi, Petugas Proteksi Radiasi (PPR) terlibat intens dalam proses teknis di area kerja dalam hal keselamatan umum dan radiasi. Alat yang digunakan adalah surveimeter deteksi gama sebagai pemantau radiasi area kerja dan pensil dosimeter sebagai pemantau radiasi personel secara aktual, selain penggunaan TLD dari tiap personel yang terlibat. Laju paparan radiasi diukur pada secara periodik dan tentatif pada momen krusial, seperti pemindahan sumber radioaktif untuk memastikan paparan radiasi dapat diterima oleh setiap personel yang terlibat.

2. Mobilisasi Limbah Sumber Radioaktif

Setelah sumber radioaktif dipindahkan ke dalam wadah sumber radioaktif siap dipindahkan dari fasilitas iradiasi ke tempat penyimpanan sumber radioaktif akhir PRTL/ORTN – BRIN.

A. Pasca Pelimbahan

Pelaporan dan pengubahan status terkini sumber radioaktif yang ada di fasilitas iradiasi ke badan regulasi (BAPETEN) perlu dilakukan agar terdapat informasi yang seragam antara pemanfaat dan pengawas.



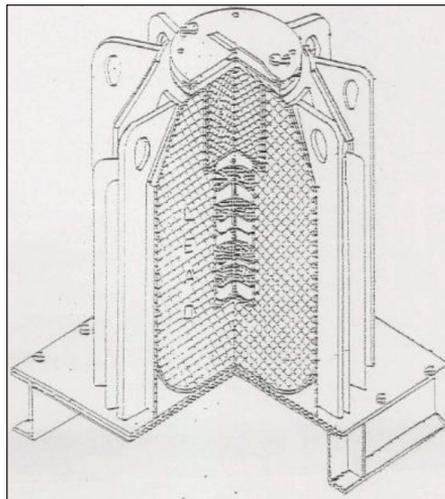
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelaahan sumber radioaktif diperoleh bahwa terdapat sumber radioaktif yang tidak relevan dan prospektif digunakan dalam proses layanan iradiasi. Jumlah sumber radioaktif adalah 24 (dua puluh empat) buah dengan perincian sebagai berikut.

Tabel 1. Data Sumber Radioaktif Iradiator Karet Alam (Irka) yang Akan Dilimbahkan.

No.	Kode	Aktivitas (Ci)	No.	Kode	Aktivitas (Ci)
1	C-188 (3724)	25.96	13	C-188 (3729)	25.96
2	C-188 (3728)	25.96	14	C-188 (3700)	23.08
3	C-188 (3726)	25.96	15	C-188 (3701)	22.90
4	C-188 (3727)	25.96	16	C-188 (3706)	22.90
5	C-188 (3725)	25.96	17	C-132 (01/ BARC/C-132)	13.69
6	C-188 (3732)	25.96	18	C-132 (02/ BARC/C-132)	13.69
7	C-188 (3731)	25.96	19	C-132 (07/ BARC/C-132)	13.69
8	C-188 (3733)	25.96	20	C-132 (13/ BARC/C-132)	13.69
9	C-188 (3707)	23.08	21	C-132 (14/ BARC/C-132)	13.69
10	C-188 (3730)	25.96	22	C-132 (19/ BARC/C-132)	13.69
11	C-188 (3704)	23.08	23	C-188 (3705)	22.90
12	C-188 (3703)	23.08	24	C-188 (3702)	22.90

Sumber radioaktif yang digunakan pada pemanfaatan iradiator termasuk unik dikarenakan rangkaian sumber radioaktif berbentuk pelet disusun menyerupai pensil. Oleh sebab itu, justifikasi proteksi radiasi diperlukan dalam penentuan wadah pengangkutan dan penyimpanan sumber radioaktif ini. Wadah (kontainer) sumber radioaktif BRIT *Lead Container* BLC-100 bekas pengangkutan sumber radioaktif pada Iradiator Panoramik Serba Guna (IRPASENA) dipilih dikarenakan memenuhi standar keselamatan dan keamanan radiasi [2].



Gambar 1. Wadah (Kontainer) Pengangkutan dan Penyimpanan Sumber Radioaktif eks Iradiator Karet Alam (IRKA)

Setelah menentukan sumber radioaktif dan wadah yang akan dilimbahkan, selanjutnya mengajukan permohonan legalitas ke institusi terkait mengenai pengangkutan dan penyimpanan limbah tersebut. Permohonan izin pengangkutan pelimbahan, dilakukan melalui layanan BAPETEN *Licensing dan Inspection System Online* (Balis *Online*) milik Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN). Proses permohonan berlangsung selama 14 hari, dengan memenuhi semua persyaratan dan ketentuan yang telah dievaluasi oleh evaluator maka terbit izin pengangkutan dengan No. 2234.343.45.13092021 yang berlaku selama 30 hari. Selain itu, diperlukan juga permohonan izin penyimpanan sumber radioaktif di PRTL/ORTN, BRIN melalui layanan *Elektronik Pengelolaan Limbah Radioaktif* (E-LIRA) milik PRTL/ORTN – BRIN. Setelah memenuhi semua persyaratan dan ketentuan, pelaksanaan pelimbahan (pengangkutan dan penyimpanan) dapat dilaksanakan pada tanggal 23 September 2021.

Pemindahan sumber radioaktif merupakan kegiatan krusial, karena adanya potensi bahaya radiasi yang besar dalam pelaksanaannya. Proses pelaksanaan pelimbahan berlangsung di Fasilitas Iradiasi Iradiator Karet Alam (IRKA). Kegiatan pelimbahan diestimasi selesai dalam waktu 10 hari kerja dengan fokus pada pemindahan sumber ke wadah (kontainer) adalah 3 hari kerja. Pemindahan sumber radioaktif dilakukan di dalam kolam iradiasi dengan pemantauan dan pengawasan oleh Petugas Proteksi Radiasi. Sejumlah 24 pensil sumber radioaktif dipindahkan dari *Source Rack* IRKA ke *Source Cage* Kontainer BLC-100. Laju paparan radiasi selama pelaksanaan dipantau dan disajikan pada Tabel 2.



Tabel 2. Data Pemantauan Laju Paparan Radiasi Selama Kegiatan Pemindahan Sumber Radioaktif.

No.	Titik Pemantauan	Laju Paparan ($\mu\text{Sv}/\text{jam}$)	Tk. Kontaminasi (CPS)
1.	Permukaan Kolam	0.12	23
2.	Tempat Petugas	0.13	25
3.	Sekitar Bibir Kolam	0.13	22
4.	Lorong R. Iradiasi	0.10	23
5.	Lobi IRKA	0.10	22
6.	Latar Belakang*	0.09	22

Keterangan: *Pengukuran laju paparan latar belakang dilakukan di depan gedung IRKA

Berdasarkan hasil pemantauan, diperoleh nilai-nilai laju paparan radiasi pada beragam titik pengukuran. Nilai laju paparan radiasi yang terukur selama 8 jam dalam 3 hari kerja, nilai tersebut masih di bawah Nilai Pembatas Dosis (NPD) pada fasilitas iradiasi IRKA, yaitu sebesar 1.4 mSv [4]. Asumsi yang digunakan adalah estimasi kerja selama 8 jam dalam 3 hari. Potensi kontaminasi, tidak ada karena sumber radioaktif yang ditangani adalah sumber radioaktif tipe padat dan terbungkus.

Setelah dipindahkan ke dalam wadah kontainer, kontainer dikeluarkan dari dalam kolam dan diletakkan di belakang gedung IRKA (Gambar 2) untuk menunggu pengangkutan dari petugas PRTL/ORTN, BRIN.



Gambar 2. Pemantauan Laju Paparan Radiasi Pada Wadah Kontainer Penyimpanan Sumber Radioaktif.

Pemantauan dan pengawasan laju paparan radiasi dilakukan selama penyimpanan, sementara di lokasi tersebut dan Identifikasi Indeks untuk transportasi diberikan dengan label II-Kuning. Data pemantauan, disajikan pada tabel 3.



Tabel 3. Data Pemantauan Laju Paparan Radiasi Selama Penyimpanan Sementara Sebelum Diangkut ke Penyimpanan Limbah Akhir.

No.	Titik Pemantauan	Laju Paparan ($\mu\text{Sv}/\text{jam}$)	Tk. Kontaminasi (CPS)
1.	Permukaan Atas Kontainer	0.79	123
2.	Permukaan Pinggir Kontainer	1.10	350
3.	Jarak 1 Meter	0.26	70
4.	Sekitar Akses Pekerja	0.09	25
5.	Lubang Buangan	0.21	35
6.	Latar Belakang*	0.10	22

Keterangan: *Pengukuran laju paparan latar belakang dilakukan di depan gedung IRKA

Sesuai dengan rencana, pada tanggal 23 September 2021, sumber radioaktif tersebut diangkut dan disimpan di tempat penyimpanan limbah akhir milik PRTL/ ORTN, BRIN. Proses pengangkutan menggunakan moda transportasi truk tipe "Colt" dengan modifikasi khusus sesuai Gambar 3



Gambar 3. Proses Pemindahan Wadah Kontainer Sumber Radioaktif ke Truk Pengangkutan untuk Diangkut ke Tempat Penyimpanan Limbah Akhir.

Pengangkutan dari fasilitas iradiasi IRKA menuju ke PRTL/ORTN, BRIN dilakukan bersama oleh pelaksana dari PRTL dan PRTL dengan melibatkan petugas pengangkutan, Petugas Proteksi Radiasi (PPR), dan Petugas Unit Pengamanan Nuklir (UPN) [3]. Pada proses pengangkutan, formasi moda transportasi terdiri 1 unit mobil berisi PPR dan UPN di barisan depan, diikuti dengan truk pengangkut sumber radioaktif, dan dikawal oleh 2 unit mobil petugas pelaksana pengangkutan untuk mengantisipasi bila terjadi anomali selama proses pengangkutan berlangsung.

Setelah 1 jam perjalanan, sumber radioaktif tiba di PRTL dan langsung dipindahkan ke dalam gedung penyimpanan limbah milik PRTL/ORTN, BRIN sebagai institusi yang dapat melakukan pengelolaan limbah radioaktif lebih lanjut [5], seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Wadah Kontainer Berisi Sumber Radioaktif Eks Penggunaan IRKA Telah Disimpan di Tempat Penyimpanan Limbah Akhir Milik PRTLRL.

Pasca kegiatan pelimbahan, diperlukan aktualisasi data dan informasi ke Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) sebagai wujud penerapan legalitas pemanfaatan tenaga nuklir baik dari aspek keselamatan radiasi dan peraturan.

KESIMPULAN

Kegiatan pelimbahan sumber radioaktif berlangsung selama 15 hari efektif dari proses perencanaan, pelaksanaan, dan pelimbahan berhasil dilakukan tanpa adanya anomali dan kecelakaan kerja dan radiasi.

Proses pengiriman 24 sumber radioaktif Co-60 bekas penggunaan Iradiator Karet Alam (IRKA) ke PRTLRL, BRIN dilakukan pada tanggal 21 September 2021 dengan bukti dokumen izin pengangkutan BAPETEN dengan nomor 2234.343.45.13092021 dan Berita Acara Serah Terima sumber radiasi bekas dari Pusat Riset dan Teknologi Limbah Radioaktif (PRTLRL, BRIN) No. 032/V/BN 04 00/9/2021.

Dengan adanya *slot* kosong tempat pensil Co-60 pada *Source Cage* pascapelimbahan sumber radioaktif ini, optimalisasi iradiasi pada Iradiator Karet Alam (IRKA) dapat dilakukan, yaitu dengan melakukan pengisian atau sumber radioaktif baru pada 24 *slot* sumber radioaktif yang telah dilimbahkan pada kegiatan ini.



UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada petugas pelaksana dari Iradiator Karet Alam (IRKA) dan PRTLOR/ORTN, BRIN yang sangat kooperatif selama pra dan pascakegiatan berlangsung sehingga terwujudnya pelaksanaan pelimbanan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Widodo, S. Muhammad, dan Rr Djarwanti RPS, “Kajian Proses daur ulang zat radioaktif terbungkus Cobalt-60 yang sudah tidak digunakan’ untuk logging minyak dan batubara,” dalam Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah XV - 2017,
- [2] L. B. Shappert, D. S. Joy, dan M. Heiskell, “Radioactive waste transportation systems analysis and program plan,” United States: N. p., 1978, pp. 65–72, 2015.
- [3] B. Droste, “15 - Packaging, transport, and storage of high-, intermediate-, and low-level radioactive wastes,” *Safe and Secure Transport and Storage of Radioactive Materials, Woodhead Publishing*, pp. 231–270. 2015.
- [4] Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, 2018 Edition: specific Safety Requirements No. SSR-6 (Rev. 1): IAEA, Vienna, 2018
- [5] Program Proteksi dan Keselamatan Radiasi Terintegrasi PAIR- BATAN, 2019: PAIR - BATAN, Jakarta, 2019