

EVALUASI KESELAMATAN RADIASI TERHADAP KEGIATAN INSTALASI RADIOMETALURGI TAHUN 2015

Suliyanto

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir - BATAN

ABSTRAK

Evaluasi keselamatan radiasi terhadap kegiatan Instalasi Radiometalurgi (IRM) tahun 2015 telah dilakukan. Ruang lingkup kegiatan ini adalah mengevaluasi tingkat paparan radiasi, radioaktivitas udara dan permukaan lantai selama pengoperasian laboratorium IRM tahun 2015. Evaluasi bertujuan untuk mengetahui potensi bahaya radiasi yang menyertai kegiatan operasional IRM selama tahun 2015 dengan melakukan pemantauan paparan radiasi γ , serta radioaktivitas udara dan permukaan lantai. Hasil pemantauan paparan radiasi γ dan radioaktivitas α dan β di udara maupun di permukaan lantai tersebut kemudian dibandingkan dengan batasan yang diizinkan. Dari hasil pemantauan diketahui bahwa, paparan radiasi yang paling tinggi terjadi pada bulan Mei 2015 di R143 (Zona III) sebesar 1450,0 $\mu\text{Sv/jam}$, karena di daerah tersebut terdapat limbah radioaktif dari ZG 103 yang belum dipindahkan ke *Basement* untuk selanjutnya dikirim ke PTLR. Namun demikian paparan radiasi tersebut, masih didalam batas yang diizinkan untuk Zona III, yaitu antara $25 \mu\text{Sv/jam} \leq D \leq 3000 \mu\text{Sv/jam}$. Radioaktivitas α (gross) di permukaan lantai daerah kerja IRM pada umumnya tidak terdeteksi ($0,000 \text{ Bq/cm}^2$), sedangkan radioaktivitas β (gross) di permukaan tertinggi IRM pada bulan Desember 2015 terdapat di R-143 sebesar $0,822 \text{ Bq/cm}^2$. Radioaktivitas β di permukaan lantai tersebut tidak melebihi batas yang diizinkan untuk zona III, yaitu antara $3,7 - 37 \text{ Bq/cm}^2$, oleh karena itu belum perlu dilakukan dekontaminasi. Radioaktivitas α (gross) udara tertinggi di R-143 sebesar $2,913 \text{ Bq/m}^3$ pada bulan Oktober 2015, namun demikian tidak melebihi 20 Bq/m^3 . Sedangkan radioaktivitas β (gross) udara tertinggi di R-143 sebesar $5,201 \text{ Bq/m}^3$, namun demikian tidak melebihi batas yang diizinkan 200 Bq/m^3 . Dapat disimpulkan bahwa selama kegiatan tahun 2015, batasan keselamatan radiasi tidak terlampaui dan memenuhi ketentuan izin operasi IRM yang diberikan oleh BAPETEN.

Kata kunci: paparan radiasi, radioaktivitas, permukaan lantai, udara

PENDAHULUAN

Berdasarkan Pasal 221 Peraturan Kepala (Perka) BATAN nomor 21 tahun 2014, Bidang keselamatan Kerja dan Akuntansi Bahan Nuklir mempunyai tugas melaksanakan pemantauan keselamatan kerja, proteksi radiasi, akuntansi bahan nuklir dan pengelolaan limbah. Subbidang Keselamatan kerja dan Proteksi radiasi mempunyai tugas melakukan pemantauan keselamatan kerja fasilitas, dengan tugas antara lain untuk melakukan pengendalian daerah kerja dari bahaya radiasi^[1].

Perka BAPETEN nomor 4 tahun 2013 mengatur tentang Proteksi Dan keselamatan Radiasi dalam pemanfaatan tenaga nuklir yang meliputi penanggung jawab keselamatan radiasi, penerapan persyaratan proteksi radiasi dan program proteksi radiasi. Pemegang Izin wajib menerapkan persyaratan Proteksi Radiasi dalam pemanfaatan tenaga nuklir, yang meliputi: justifikasi; limitasi dosis; dan optimisasi Proteksi dan Keselamatan Radiasi. Pemegang Izin harus melakukan tindakan Proteksi dan Keselamatan Radiasi yang diperlukan untuk bekerja di Daerah Pengendalian. Daerah

Pengendalian adalah suatu daerah kerja yang memerlukan tindakan proteksi dan ketentuan keselamatan khusus untuk mengendalikan Paparan Normal atau mencegah penyebaran kontaminasi selama kondisi kerja normal dan untuk mencegah atau membatasi tingkat Paparan Potensial ^[2].

Daerah pengendalian di IRM adalah seluruh area yang meliputi daerah kerja aktif (laboratorium), yaitu zona II (zona hijau), zona III (zona kuning) dan zona IV (zona merah). Di daerah ini dilakukan penanganan zat radioaktif dalam kegiatan kerja IRM sehingga berpotensi terhadap bahaya radiasi/ kontaminasi zat radioaktif. Untuk maksud keselamatan radiasi maka seluruh personil yang memasuki daerah ini dan kegiatannya diberlakukan persyaratan keselamatan/proteksi radiasi untuk mengendalikan potensi bahaya tersebut. Zona II di antaranya adalah *operating area hotcell* untuk fasilitas penanganan zat radioaktif, dan ruangan lainnya yang berpotensi bahaya radiasi rendah. Zona III merupakan daerah bekerja personil untuk kegiatan khusus *service area* untuk *hotcell* dan biasanya tidak rutin yang dalam kegiatannya berpotensi bahaya radiasi/ kontaminasi lebih tinggi daripada zona II ^[3].

Ruang lingkup kegiatan ini adalah mengevaluasi tingkat paparan radiasi γ , serta radioaktivitas udara dan permukaan lantai selama pengoperasian laboratorium IRM tahun 2015. Evaluasi bertujuan untuk mengetahui potensi bahaya radiasi yang menyertai kegiatan operasional IRM selama tahun 2015 dengan melakukan pemantauan paparan radiasi γ , serta radioaktivitas udara dan permukaan lantai. Pemantauan atau pengukuran untuk pengawasan tingkat paparan radiasi γ , serta radioaktivitas udara dan permukaan lantai dilakukan pada Zona II, terutama ruang 135 (R-135), R-136 dan R-140, serta zona III yaitu R-143 yang dilakukan seminggu 1 kali. Pemantauan paparan radiasi menggunakan *surveymeter* γ . Pemantauan radioaktivitas udara dilakukan secara tidak langsung dengan mencuplik udara (*air sampler*) di posisi sekitar 1,5 m dari lantai (daerah pernapasan/*breathing area*). Hasil cuplikan kontaminan radioaktif udara, dicacah menggunakan pencacah radiasi α dan β secara total (*gross counting*). Hasil pemantauan paparan radiasi γ dan radioaktivitas α dan β di udara maupun di permukaan lantai tersebut kemudian dibandingkan dengan batasan yang diizinkan.

METODOLOGI

Peralatan yang digunakan antara lain: *Surveymeter* γ , alat cacah *sample counter Ludlum 3030*, *air sampler*, *filter* udara, *filter* usap, petri disk dan sebagainya. Persiapan untuk pemantauan paparan radiasi dan radioaktivitas di daerah kerja IRM dilakukan terlebih dahulu termasuk memeriksa tanggal kalibrasi peralatan yang digunakan. Pengukuran paparan radiasi menggunakan *surveymeter* terkalibrasi pada posisi yang

telah ditentukan. Catat hasil baca setelah dikalikan Faktor Kalibrasi (FK) surveymeter kedalam Lembar Bantu Pemantauan Paparan Radiasi IRM. Pemantauan radioaktivitas di permukaan lantai daerah kerja IRM dilakukan secara tidak langsung dengan cara ^[4]:

1. cuplikan permukaan lantai diambil pada lokasi yang telah ditentukan.
2. cuplikan permukaan lantai tersebut kemudian dicacah menggunakan alat cacah Ludlum 3030.

Hasil cacah radioaktivitas di permukaan lantai daerah kerja IRM dihitung menggunakan persamaan (1), kemudian dicatat dalam Lembar Bantu Pemantauan Radioaktivitas permukaan Daerah Kerja IRM.

$$A = C \times FK \times 1/L \times 1/F \quad (1)$$

dengan :

- A = Radioaktivitas di permukaan (Bq/cm^2);
- C = laju cacahan (cps);
- FK = Faktor Kalibrasi;
- L = Luas permukaan yang diusap (100 cm^2);
- F = fraksi yang terambil (10 % atau 0,1).

Pemantauan radioaktivitas di udara daerah kerja IRM dilakukan secara tidak langsung dengan cara ^[4]:

1. cuplikan udara diambil menggunakan air sampler pada lokasi yang telah ditentukan.
2. cuplikan udara tersebut kemudian dicacah menggunakan alat cacah Ludlum 3030.

Hasil cacah radioaktivitas di udara daerah kerja IRM dihitung menggunakan persamaan (2), kemudian dicatat kedalam Lembar Bantu Pemantauan Radioaktivitas udara Daerah Kerja IRM.

$$A = C \times FK \times 1/d \times 1/t \quad (2)$$

dengan :

- A = Radioaktivitas di udara (Bq/m^3);
- C = laju cacahan (cps);
- FK = Faktor Kalibrasi;
- d = debit hisap udara (lpm);
- t = waktu hisap udara (menit).

Data hasil pemantauan tersebut disalin kedalam Lembar Pemantauan Daerah Kerja IRM, kemudian dilaporkan Kepada Petugas Proteksi Radiasi (PPR). PPR memeriksa data tersebut dan membandingkan dengan batas yang diizinkan (lihat Tabel 1).

Tabel 1. Batasan (MPC) keselamatan radiasi ^[5]

Daerah Kerja (Zona)	Tingkat Radiasi	Kontaminasi permukaan yang diizinkan	Kontaminasi udara daerah kerja yang diizinkan
Daerah radiasi rendah (zona-II)	Laju dosis (D): $7,5 \mu\text{Sv/jam} \leq D \leq 25 \mu\text{Sv/jam}$	<u>Rad. α</u> di alat /lantai: $< 0,37\text{Bq/cm}^2$ <u>Rad. β</u> di alat /lantai: $< 3,7\text{Bq/cm}^2$	<u>Rad. α</u> : $< 20 \text{Bq/m}^3$ <u>Rad. β</u> : $< 200 \text{Bq/m}^3$
Daerah radiasi sedang (zona-III)	Laju dosis (D): $25 \mu\text{Sv/jam} \leq D \leq 3000 \mu\text{Sv/h}$	<u>Rad. α</u> di alat /lantai: $0,37 - 3,7 \text{Bq/cm}^2$ <u>Rad. β</u> di alat /lantai: $3,7 - 37 \text{Bq/cm}^2$	<u>Rad. α</u> : $\leq 20 \text{Bq/m}^3$ <u>Rad. β</u> : $\leq 200 \text{Bq/m}^3$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemantauan atau pengukuran untuk pengawasan tingkat radiasi dan kontaminasi dilakukan pada Zona-II, terutama ruang 135 (R-135), R-136 dan R-140, serta zona-III yaitu R-143. Pemantauan paparan radiasi γ dan radioaktivitas α maupun β pada zona II dan zona III tersebut dilakukan setiap minggu 1 kali. Pemantauan paparan radiasi menggunakan *surveymeter* γ pada ruang kerja yang terdapat sumber radiasi. Apabila terdapat paparan radiasi γ sangat tinggi, maka dilakukan tindakan proteksi radiasi. Pengukuran paparan radiasi γ dilakukan dengan cara mengarahkan kepala detektor ke medan radiasi, kemudian catat hasil pemantauan paparan radiasi tersebut. Hasil pengukuran paparan radiasi dapat dilihat pada Tabel 2. Paparan radiasi γ yang paling tinggi terjadi pada bulan Mei 2015 di R143 (Zona III) sebesar $1450,0 \mu\text{Sv/jam}$ (lihat Gambar 1), karena di daerah tersebut terdapat limbah radioaktif dari ZG 103 yang belum dipindahkan ke *Basement* untuk selanjutnya dikirim ke PTLR. Paparan radiasi di R143 (Zona III) tahun 2015 jauh lebih besar bila dibandingkan dengan data tertinggi tahun 2014 pada bulan Desember 2014 di R 143 (zona III) sebesar $97,4 \mu\text{Sv/jam}$, karena adanya limbah radioaktif yang dikeluarkan dari ZG 104 ^[6]. Di daerah dimana terdapat limbah tersebut diberi rantai kuning dan rambu bahaya radiasi agar pekerja radiasi dapat lebih waspada. Namun demikian paparan radiasi di R-143 tahun 2015 tersebut, masih didalam

batas yang diijinkan untuk Zona III berdasarkan LAK, yaitu antara $25 \mu\text{Sv}/\text{jam} \leq D \leq 3000 \mu\text{Sv}/\text{jam}$. Paparan radiasi γ tertinggi setiap bulan diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Paparan radiasi γ tertinggi ($\mu\text{Sv}/\text{jam}$)

Bulan	Zona II (R-135)	Zona II (R-136)	Zonall (R-140)	Zona III (R-143)
Januari 2015	1,320	0,020	0,750	72,100
Februari 2015	0,780	0,020	0,620	7,200
Maret 2015	0,750	0,020	0,650	7,700
April 2015	2,540	0,030	0,750	370,0
Mei 2015	0,820	0,040	0,750	1450,0
Juni 2015	0,750	0,050	0,850	709,0
Juli 2015	0,750	0,040	0,750	607,0
Agustus 2015	0,750	0,050	0,750	600,0
September 2015	7,140	0,120	0,750	625,0
Oktober 2015	7,250	0,050	0,750	600,0
Nopember 2015	7,260	0,050	0,750	9,500
Desember 2015	7,200	0,050	0,750	4,200



Gambar 1. Pengukuran paparan radiasi limbah radioaktif dari ZG 103.

Pemantauan radioaktivitas α dan β di permukaan lantai, dimulai dengan mengusap permukaan lantai (*smear test*) menggunakan *filter* pencuplik memutar dari titik awal ke luar membentuk lingkaran (dengan jari-jari 5 - 6 cm). Luas usapan sebesar ± 100

cm² dengan fraksi yang tecuplik/terambil oleh *filter* pencuplik ditetapkan 10 %, dilanjutkan dengan pencacahan menggunakan alat *sample counter Ludlum 3030*. Hasil pencacahan cuplikan di permukaan lantai tersebut kemudian dihitung radioaktivitas α maupun β secara *gross*. Hasil pemantauan radioaktivitas α dan β permukaan lantai tertinggi di ruangan zona II dan III setiap bulannya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Radioaktivitas di permukaan lantai tertinggi (Bq/cm²)

Bulan	Radioaktivitas	Zona II / R-135	Zona II / R-136	Zonall / R-140	Zona III / R-143
Januari 2015	α (gross)	0,000	0,000	0,000	0,000
	β (gross)	0,021	0,024	0,027	0,269
Februari 2015	α (gross)	0,001	0,00	0,00	0,001
	β (gross)	0,027	0,026	0,028	0,090
Maret 2015	α (gross)	0,000	0,000	0,000	0,000
	β (gross)	0,027	0,025	0,026	0,096
April 2015	α (gross)	0,000	0,000	0,000	0,000
	β (gross)	0,026	0,027	0,069	1,524
Mei 2015	α (gross)	0,000	0,000	0,000	0,000
	β (gross)	0,029	0,027	0,083	0,423
Juni 2015	α (gross)	0,000	0,000	0,000	0,000
	β (gross)	0,027	0,024	0,029	0,167
Juli 2015	α (gross)	0,000	0,000	0,000	0,000
	β (gross)	0,024	0,022	0,023	0,169
Agustus 2015	α (gross)	0,000	0,000	0,000	0,000
	β (gross)	0,026	0,024	0,024	0,582
September 2015	α (gross)	0,000	0,000	0,000	0,000
	β (gross)	0,023	0,025	0,025	0,139
Oktober 2015	α (gross)	0,000	0,000	0,000	0,000
	β (gross)	0,025	0,033	0,028	0,078
Nopember 2015	α (gross)	0,000	0,000	0,000	0,000
	β (gross)	0,027	0,030	0,036	0,822
Desember 2015	α (gross)	0,000	0,000	0,000	0,000
	β (gross)	0,031	0,032	0,033	0,086

Dari hasil pemantauan diketahui bahwa, radioaktivitas α (gross) di permukaan lantai daerah kerja IRM pada umumnya tidak terdeteksi (0,000 Bq/cm²), sedangkan Radioaktivitas β (gross) di permukaan tertinggi IRM pada bulan Desember 2015 terdapat di R-143 sebesar 0,822 Bq/cm². Tingkat radioaktivitas β (gross) tahun 2015 tersebut lebih rendah dari pada data pantau tertinggi tahun 2014 sebesar 3,323 Bq/cm² dan telah dilakukan dekontaminasi^[6]. Namun demikian data radioaktivitas di permukaan lantai tahun

2015 tersebut tidak melebihi batas yang diizinkan untuk zona III (radioaktivitas β di alat /lantai: antara 3,7 - 37 Bq/cm²), oleh karena itu belum perlu dilakukan dekontaminasi.

Pemantauan radioaktivitas α dan β di udara dimulai dengan pencuplikan udara dengan memasang kertas filter udara pada *filter holder* pada alat pencuplik udara, debit hisap diatur \pm 60 liter per menit (lpm) dengan waktu pencuplikan 30 menit. Setelah waktu pencuplikan tercapai, keluarkan kertas filter untuk pencacahan menggunakan alat *sample counter Ludlum 3030 sample counter Ludlum 3030*. Hasil pencacahan cuplikan udara tersebut kemudian dihitung radioaktivitas α maupun β secara *gross*. Hasil pemantauan radioaktivitas α dan β udara tertinggi di ruangan zona II dan III setiap bulannya dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Radioaktivitas di udara tertinggi (Bq/m³)

Bulan	Radioaktivitas	Zona II (R-135)	Zona II (R-136)	Zonall (R-140)	Zona III (R-143)
Januari 2015	α (gross)	0,881	0,341	0,972	2,621
	β (gross)	1,147	0,522	1,626	3,339
Februari 2015	α (gross)	1,451	0,559	1,191	2,475
	β (gross)	2,214	0,973	1,691	3,424
Maret 2015	α (gross)	1,566	0,457	0,933	2,303
	β (gross)	2,087	0,968	1,283	3,072
April 2015	α (gross)	1,749	0,566	1,192	2,743
	β (gross)	2,167	0,837	3,352	4,375
Mei 2015	α (gross)	1,389	0,593	1,018	2,008
	β (gross)	3,629	1,280	2,305	5,201
Juni 2015	α (gross)	1,143	0,537	1,032	2,893
	β (gross)	2,278	0,992	1,547	4,410
Juli 2015	α (gross)	1,985	0,634	2,405	2,185
	β (gross)	1,692	1,020	1,701	2,697
Agustus 2015	α (gross)	2,020	0,770	2,536	1,926
	β (gross)	2,198	1,221	2,279	2,866
September 2015	α (gross)	1,789	0,754	1,387	2,697
	β (gross)	2,579	1,123	1,740	3,510
Oktober 2015	α (gross)	2,216	1,188	1,544	2,913
	β (gross)	3,038	1,875	2,768	3,990
Nopember 2015	α (gross)	1,374	0,821	2,053	2,716
	β (gross)	2,384	1,308	2,718	3,909
Desember 2015	α (gross)	1,371	0,628	0,974	2,821
	β (gross)	1,874	0,931	1,638	3,488

Radioaktivitas α (gross) udara tertinggi di R-143 sebesar 2,913 Bq/m³ pada bulan Oktober 2015. Tingkat radioaktivitas α (gross) tahun 2015 tersebut lebih besar dari pada data pantau tertinggi tahun 2014 sebesar 2,740 Bq/m³ di R-143 [6]. Namun demikian tidak melebihi 20 Bq/m³ (MPC Radioaktivitas α di udara daerah kerja IRM). Sedangkan radioaktivitas β (gross) udara tertinggi di R-143 sebesar 5,201 Bq/m³. Tingkat radioaktivitas β (gross) tahun 2015 tersebut lebih rendah dari pada data pantau tertinggi tahun 2014 sebesar 8,180 Bq/m³ di R-143 [6]. Namun demikian tidak melebihi 200 Bq/m³ (MPC Radioaktivitas β di udara daerah kerja IRM). Dari penelitian terdahulu radioaktivitas α udara tersebut merupakan zat radioaktif alamiah berumur pendek yang berasal dari Po-218 yang merupakan turunan Radon-222 (dari dinding bangunan), sedangkan radioaktivitas β (gross) merupakan zat radioaktif alamiah berumur pendek yang berasal dari Pb-214 dan Bi-214 yang merupakan turunan Radon-222 (dari dinding bangunan).

KESIMPULAN

Dari hasil pemantauan diketahui bahwa, paparan radiasi γ yang paling tinggi terjadi pada bulan Mei 2015 di R143 (Zona III) sebesar 1450,0 μ Sv/jam, karena di daerah tersebut terdapat limbah radioaktif dari ZG 103 yang belum dipindahkan ke *Basement* untuk selanjutnya dikirim ke PTLR. Namun demikian paparan radiasi tersebut, masih didalam batas yang diijinkan untuk Zona III, yaitu antara 25μ Sv/jam $\leq D \leq 3000 \mu$ Sv/jam. Radioaktivitas α (gross) di permukaan lantai daerah kerja IRM pada umumnya tidak terdeteksi (0,000 Bq/cm²), sedangkan radioaktivitas β (gross) di permukaan tertinggi IRM pada bulan Desember 2015 terdapat di R-143 sebesar 0,822 Bq/cm². Radioaktivitas β di permukaan lantai tersebut tidak melebihi batas yang diizinkan untuk zona III, yaitu antara 3,7 - 37 Bq/cm², oleh karena itu belum perlu dilakukan dekontaminasi. Radioaktivitas α (gross) udara tertinggi di R-143 sebesar 2,913 Bq/m³ pada bulan Oktober 2015, namun demikian tidak melebihi 20 Bq/m³. Sedangkan radioaktivitas β (gross) udara tertinggi di R-143 sebesar 5,201 Bq/m³, namun demikian tidak melebihi 200 Bq/m³. Dapat disimpulkan bahwa selama kegiatan IRM tahun 2015, batasan keselamatan radiasi tidak terlampaui dan memenuhi ketentuan izin operasi IRM yang diberikan oleh BAPETEN.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada rekan-rekan BKKABN - Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir yang telah membantu persiapan, pelaksanaan kegiatan, serta penyusunan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. BATAN, Perka BATAN nomor 21 tahun 2014 tentang rincian tugas unit kerja di Badan Tenaga Nuklir Nasional, 2014
2. BAPETEN, Perka BAPETEN nomor 4 tahun 2013 tentang proteksi dan keselamatan radiasi dalam pemanfaatan tenaga nuklir, 2013.
3. PTBBN, Program Proteksi Radiasi dan keselamatan Radiasi Instalasi Radiometalurgi (IRM), nomor dokumen: SOP 002.009/KN 02 01/BBN 5, No. Revisi/ terbitan: 0 / 2, 2014.
4. PTBBN, Standar operasional prosedur pemantauan paparan radiasi dan radioaktivitas daerah kerja di Instalasi Radiometalurgi, nomor dokumen: SOP 024.002/KN 04 02/BBN 5.1, No. Revisi/ terbitan: 0/1, 2015.
5. PTBBN-BATAN, Laporan Analisis Keselamatan (LAK) Instalasi Radiometalurgi (IRM), Nomor Dok. KK32J009001, revisi 1, 2012.
6. Sjafruddin, Evaluasi keselamatan radiasi terhadap kegiatan kerja Instalasi Radiometalurgi pada tahun 2014, Prosiding Hasil-hasil penelitian EBN Tahun 2014, ISSN 0854-5561, 2015.