

PENGELOLAAN DATA PENGUKURAN RADIASI DAN KONTAMINASI DI IEBE TAHUN 2017

Sri Wahyuningsih, Farida, Arca Datam Sugiarto
Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir

ABSTRAK

Bidang Keselamatan Kerja dan Akutansi Bahan Nuklir (BKKABN) mempunyai tugas dan tanggung jawab untuk melakukan pengelolaan data sampling dan pengukuran radiasi dan kontaminasi dengan bertujuan mendapatkan rekaman mutu untuk penyusunan laporan pengoperasian IEBE, sebagai bukti bahwa pemantauan daerah kerja di IEBE telah memenuhi persyaratan keselamatan yang telah ditetapkan oleh BAPETEN. Tahapan kerja yang dilakukan untuk pengelolaan data antara lain: persiapan pemantauan termasuk SOP (Standar Operasional Prosedur) yang digunakan, pelaksanaan pemantauan, pengolahan data, serta evaluasi. Hasil pemantauan paparan radiasi dan kontaminasi IEBE direkam sesuai dengan sistem pengendalian dokumen yang ditetapkan oleh PTBBN. Rekaman data sampling, pengukuran radiasi dan kontaminasi dikelola menggunakan formulir Lembar Bantu (LB) pemantauan paparan radiasi SOP 010.004/OT 01 02/BBN 5.1, LB pemantauan radioaktivitas udara SOP 009 004/OT 01 02/BBN.1, dan LB pemantauan radioaktivitas permukaan lantai SOP 011.004/OT 01 02/BBN 5.1. Semua data direkam dalam data pemantauan pada Lembar Pemantauan (LP) SOP 008 004/OT 01 02/BBN 5.1 untuk diperiksa oleh Ka.Sub.KKPR dan disetujui oleh Ka. BKKABN sebagai bahan laporan Keselamatan Kerja IEBE. Berdasarkan kegiatan yang telah dilakukan disimpulkan bahwa sistem pengelolaan data hasil sampling, pengukuran dan pencacahan unsur daerah radiasi dan kontaminasi di IEBE 2017 telah dilakukan dan telah memenuhi Program Proteksi dan Keselamatan Radiasi di IEBE.

Kata kunci : data, pantau, radiasi, kontaminasi

PENDAHULUAN

Peraturan Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional, Nomor 14 Tahun 2013, tentang organisasi dan tata kerja BATAN, menyatakan Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBBN) mempunyai tugas melaksanakan perumusan dan pengendalian kebijakan teknis, pelaksanaan, dan pembinaan dan bimbingan di bidang pengembangan teknologi fabrikasi bahan bakar nuklir dan teknik uji radiometalurgi.

Instalasi Elemen Bakar Eksperimental (IEBE) merupakan salah satu fasilitas penelitian dan pengembangan (litbang) bahan bakar nuklir. IEBE didesain dapat memproduksi bahan bakar reaktor daya. Aktivitas yang dilakukan di IEBE meliputi proses konversi *Yellow cake* menjadi UO_2 , fabrikasi elemen bakar nuklir dan kendali kualitas. Bahaya radiologis yang mungkin timbul dalam kegiatan litbang IEBE, adalah paparan radiasi dan kontaminasi yang dapat memberikan efek yang merugikan, apabila tidak dikontrol dengan baik. Oleh karena itu perlu dilakukan pemantauan daerah kerja untuk keselamatan kerja di IEBE.

Tahapan kerja yang dilakukan untuk pengelolaan data antara lain: persiapan pemantauan termasuk SOP (Standar Operasional Prosedur) yang digunakan, pelaksanaan pemantauan, pengolahan data, dan evaluasi serta pembuatan dan penyimpanan laporan. Hasil pemantauan paparan radiasi dan kontaminasi IEBE direkam sesuai dengan sistem pengendalian dokumen yang ditetapkan oleh PTBBN. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 33 Tahun 2007, tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif poin b: bahwa Pemegang Ijin bertanggung jawab untuk menyusun, mengembangkan, melaksanakan, dan mendokumentasikan program Proteksi dan Keselamatan Radiasi, yang dibuat berdasarkan sifat dan risiko untuk setiap pelaksanaan Pemanfaatan Tenaga Nuklir. Untuk memenuhi persyaratan tersebut, BKKABN mempunyai tugas dan tanggung jawab untuk melakukan pengelolaan data sampling dan pengukuran radiasi dan kontaminasi dengan bertujuan mendapatkan rekaman mutu untuk penyusunan laporan pengoperasian IEBE, sebagai bukti bahwa pemantauan daerah kerja di IEBE telah memenuhi persyaratan keselamatan yang telah ditetapkan oleh BAPETEN.

LANDASAN TEORI

Pengelolaan data adalah suatu data yang diolah sedemikian rupa sehingga menghasilkan suatu informasi. Sistem pengolahan data meliputi sejumlah proses, peralatan dan tenaga pelaksanaan yang saling berhubungan dan berkaitan. Pengolahan data sebagai serangkaian operasi atas informasi yang direncanakan, guna mencapai tujuan atau hasil yang diinginkan. Unsur-unsur dalam pengolahan data yaitu membaca, menulis dan mengetik, mencatat dan mencetak, menyortir, menyampaikan atau memindahkan, menghitung, membandingkan dan menyimpan^[5].

Sumber radiasi yang dikelola oleh IEBE untuk kegiatan pengembangan bahan bakar nuklir adalah bahan U (depleksi, alam, dan diperkaya) dalam berbagai bentuk fisik dan kimia. Dalam proses penelitian dan pengembangan yang dilakukan saat ini menggunakan bahan U-alam dalam jumlah besar, sedangkan U-depleksi dan U-diperkaya digunakan terbatas (dalam kuantitas sangat kecil) dan merupakan bahan standar^[1]. Bahan uranium yang digunakan dalam litbang bahan bakar tersebut mempunyai bahaya radiasi interna dengan memancarkan radiasi alpha juga sedikit memancarkan radiasi gamma/eksterna (tabel 1).

Radiasi pengion tidak dapat dilihat, dirasakan, atau dicium oleh tubuh manusia dengan cara apapun, akan tetapi paparan yang berlebihan memungkinkan dampak yang merugikan bagi kesehatan. Instrumen pengukuran radiasi diperlukan dalam upaya

mendeteksi keberadaan radiasi dan meminimalisasi paparan berlebihan. Untuk keperluan tersebut maka sangatlah penting untuk mengetahui potensi bahaya radiologis akibat pelaksanaan kegiatan di IEBE. Disamping itu metode pemantauan dan penggunaan instrumen yang efisien dan tepat memungkinkan paparan dapat dikendalikan sehingga dosis yang diterima dapat diupayakan serendah mungkin (ALARA).

Tabel 1. MPC keselamatan radiasi di IEBE

Zona	Radioaktivitas α		Paparan radiasi γ
	di permukaan	di udara	
I (CR/daerah tidak aktif)	background	background	background
II (CR/daerah radiasi rendah)	$\leq 0,37 \text{ Bq/cm}^2$	$\leq 2 \text{ Bq/m}^3$	$< 25\mu\text{Sv/Jam}$
III (HR/ daerah radiasi sedang)	$\leq 3,7 \text{ Bq/cm}^2$	$\leq 20 \text{ Bq/m}^3$	$\leq 25\mu\text{Sv/Jam}$

Setiap pekerja radiasi di IEBE maupun tamu yang akan masuk laboratorium dalam melakukan kegiatan, harus memenuhi persyaratan keselamatan dan keamanan daerah kerja, agar dapat menghindari risiko bahaya radiasi dan kecelakaan kerja selama di laboratorium dan mengikuti SOP Pengendalian Personil masuk dan keluar laboratorium di IEBE, Dok No. SOP 034.002/KN 02 01/BBN 5.1. Inspeksi dan pemantauan terhadap personil masuk laboratorium diawali dengan informasi kegiatan melalui pertemuan briefing pagi, lalu diberikan peringatan atau induksi keselamatan selama berada didalam laboratorium, termasuk menggunakan APD dan memakai TLD atau dosimeter pena yang tersedia dan masuk melalui ases masuk yang telah ditetapkan. Agar kondisi daerah kerja tetap memenuhi persyaratan, petugas keselamatan dibantu petugas dari Unit Pengamanan Nuklir (UPN) dan personil perawatan sarana dukung dari Bidang Pengembangan Fasilitas Bahan Nuklir, mengadakan inspeksi rutin. Inspeksi dilakukan pada pagi dan sore hari setiap hari, secara bergantian. Pemantauan keselamatan dan keamanan yang dipersyaratkan dalam LAK IEBE tahun 2012, meliputi peralatan, mesin operasi/proses, instalasi listrik/ penerangan, keran air, udara tekan, tabung gas, pintu keluar dan pintu darurat, sampah serta limbah radioaktif dan B3.

Pemonitoran kontaminasi agar tidak terjadi penyebaran kontaminasi zat radioaktif ke luar daerah aktif dilaksanakan secara langsung terhadap tubuh personil dengan menggunakan alat *handfoot* monitor. Pemantauan paparan radiasi di daerah kerja dilakukan dengan mengukur tingkat paparan di daerah yang terdapat sumber radiasi.

Tingkat paparan tersebut dicatat pada lembar data dan dievaluasi. Jika ditemukan paparan radiasi yang tinggi dan tidak biasa, dilakukan pemagaran, diberi tanda bahaya radiasi dan dilarang masuk.

Lokasi pemantauan kontaminasi udara menggunakan *air sampler* dilakukan di ruangan kerja yang memungkinkan terjadinya kontaminasi udara, seperti di HR-04, HR-05, HR-08, HR-10 (mewakili HR-11 sampai 14) dan HR-37. Udara dicuplik dan kemudian dicacah secara total (gross). Pemantauan radioaktivitas α (gross) di udara daerah kerja IEBE dilakukan minimal sekali setiap minggunya, kecuali ruang HR-08 dan HR-10 dilakukan minimal sekali setiap bulannya. Pemantauan radioaktivitas α (gross) di udara daerah kerja IEBE dilakukan di ruang HR-05 pada posisi U1, U2, U3 dan U4, sedangkan pada gudang U (HR-04) dilakukan pada posisi α (gross) di udara daerah kerja IEBE dilakukan juga di ruang U5.

Pemantauan paparan radiasi α di daerah kerja IEBE dilakukan minimal sekali setiap minggunya. Pemantauan paparan radiasi tersebut dilakukan di ruang HR-05 pada posisi Glovebox (GB) A, B dan C; Meja kerja A, B dan C, Tungku Sinter (TS) 1 dan 2; serta Tungku Reduksi (TR). Disamping itu dilakukan juga pemantauan paparan radiasi di ruang HR-04 pada posisi X; ruang HR-22 posisi A; ruang HR-23 posisi B; HR-24 posisi C dan koridor (HR-25) posisi D. Pemantauan radioaktivitas HR-37 pada posisi A, sedangkan di ruang HR-08 pada posisi B dan HR-10 posisi C.

Pemantauan radioaktivitas α (gross) di permukaan daerah kerja IEBE dilakukan minimal sekali setiap minggunya. Pemantauan radioaktivitas IEBE dilakukan di lantai ruang HR-05 sekitar Glovebox, tungku sinter dan tungku reduksi, serta meja kerja. Disamping itu dilakukan juga di permukaan daerah kerja IEBE di ruang HR-04 pada posisi X; ruang HR-22 posisi A; ruang HR-23 posisi B; HR-24 posisi C dan koridor (HR-25) posisi D.

Dua tipe paparan yang berpotensi di IEBE, yakni:

- a. Paparan eksternal adalah radiasi yang dipancarkan oleh sumber di luar tubuh manusia.
- b. Paparan internal yang diasosiasikan dengan bahan-bahan radioaktif yang memungkinkan masuk dan berinteraksi dengan tubuh manusia

Dalam hal mendeteksi potensi sumber radiasi, empat tipe dasar instrumen pengukuran radiasi yang dapat digunakan di lingkup daerah kerja IEBE terdiri dari:

- a. *Dose rate meters* digunakan untuk mengukur laju paparan eksternal.
- b. *Dosimeters* yang dapat mengindikasikan paparan eksternal kumulatif.
- c. *Surface contamination meters* yang mengindikasikan potensi paparan internal saat substansi radioaktif terdistribusi di permukaan lantai/meja kerja.

d. *Airborne contamination meters* dan *gas monitors* yang mampu mengindikasikan paparan internal ketika substansi radioaktif terdispersi di atmosfer.

METODOLOGI

Dalam melakukan pengelolaan data pengukuran radiasi dan kontaminasi ini mengacu pada Standar Operasional Prosedur No.025.002/KN04 02/BBN 5.1, tentang Pemantauan Paparan radiasi dan Kontaminasi Instalasi Elemen Bakar Eksperimental. SOP tersebut merupakan SOP Administratif yang dilengkapi dengan satu lampiran lembar pemantauan, dan 3 lampiran lembar bantu seperti dalam Tabel 2.

Tahapan dalam pengelolaan dan pengukuran data radiasi dan kontaminasi, meliputi :

Persiapan Pemantauan

Dalam persiapan pemantauan meliputi peralatan, bahan, lembar bantu, sesuai dengan Tabel 2. Setiap peralatan yang akan digunakan dilakukan pengecekan fungsi alat meliputi tanggal kalibrasi, keadaan baterai dan cara pembacaan skala pada alat.

Tabel 2. Daftar instrumen untuk proteksi radiasi di IEBE

Peralatan	Merek/ jumlah unit	Sensitivitas dan jangkau ukur	Lokasi alat	Program Perawatan dan Kalibrasi
Surveymeter Gamma	Graetz X5-DE/ 3 unit	0,0 nSv/h –19,9 mSv/h	CR-41	Penggantian baterai Dan Kalibrasi setiap 1 tahun.
Pencacah α/β	Nucl. Enterpr. PSR-8/ 1 unit	0 - 99.999 cacah	CR- 41	Kalibrasi setiap 1 tahun.
Pencacah α/β	Ludlum Alpha beta counter model 3030	0 - 999.999 cacah	CR- 41	Kalibrasi setiap 1 tahun.
Surveymeter α/ β scaler/ratemeter	Ludlum 2241	0.0 μ Sv/hr - 9999 Sv/hr 0.0 cpm – 999 kcpm 0.0 cps – 100 kcps	CR- 41	Penggantian baterai, dan Kalibrasi setiap 1 tahun.

Pelaksanaan Pengukuran dan Pengumpulan Data

Pengukuran dilakukan sesuai dengan jadwal kegiatan yang telah ditetapkan pada Tabel 3, mengacu pada LAK IEBE Bab VIII Lampiran 8.3 Program Pengendalian Daerah Kerja.

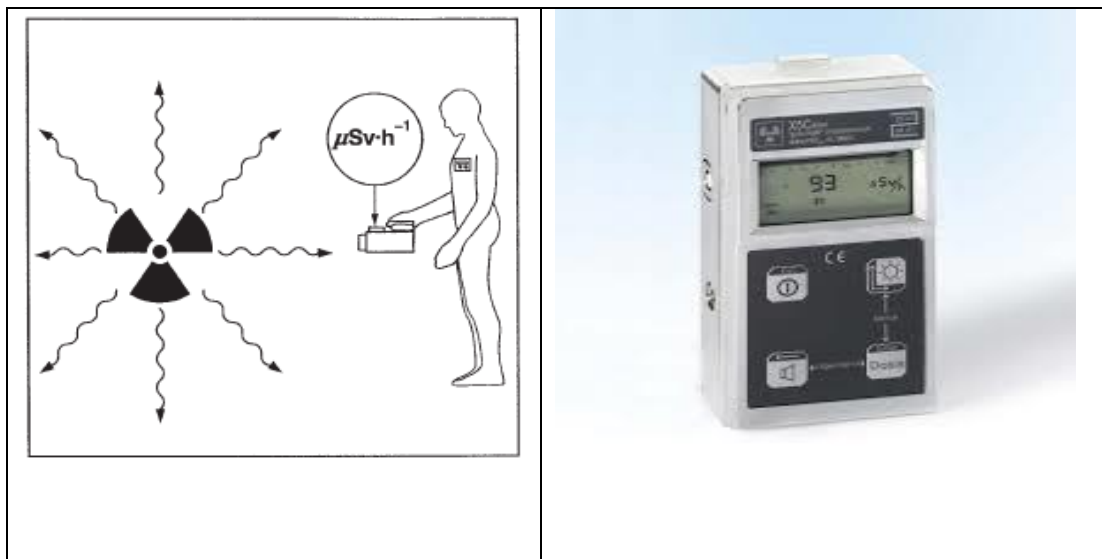
Tabel 3. Kegiatan rutin pemantauan keradioaktifan di daerah kerja IEBE

Obyek pantau /diamati	Parameter yang dipakai	Frekuensi	Lokasi
Paparan radiasi	Laju paparan radiasi daerah kerja	Minimal 1 kali per minggu/ jika dianggap perlu	HR-04, HR-05, Lab Kendali Kualitas
Tingkat kontaminasi	Kontaminasi Udara	Minimal 1 kali per minggu	HR-04, HR-05, HR 36, HR 37, HR 38,HR 39, HR 40
		Minimal 1 kali per bulan	HR 08, HR-11/14
	Kontaminasi permukaan	Minimal 1 kali per minggu	HR-04, HR-05, lab Kendali Kualitas, Lab PCP
	Kontaminasi udara buang	Setiap hari	<i>Stack Monitor</i>

Pengumpulan data berupa hasil pengukuran paparan radiasi dan pengambilan sampel tingkat kontaminasi udara/permukaan, pada daerah yang terindikasi sumber internal dan eksternal. Waktu dan peralatan yang digunakan dalam pengambilan sampel seperti dalam lampiran:

1. Pengukuran laju paparan radiasi gamma

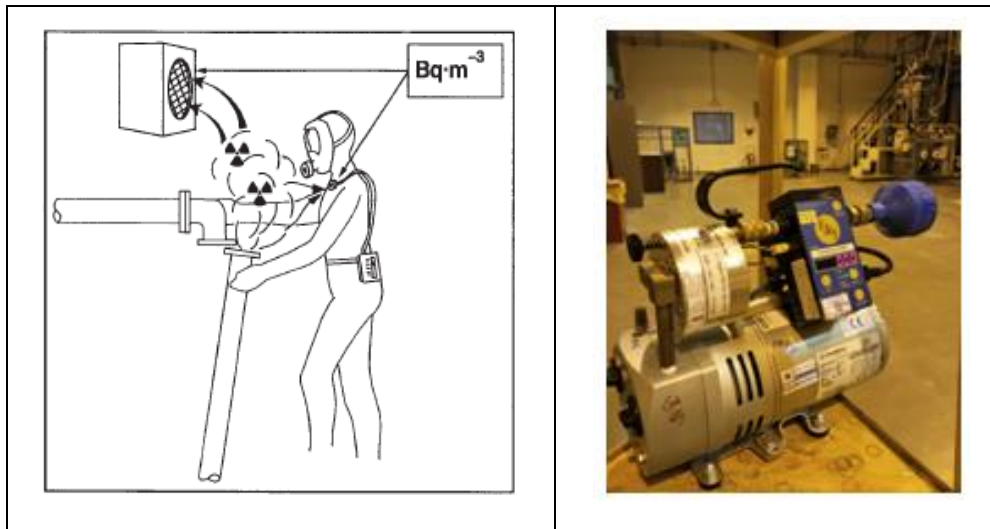
Pengukuran laju paparan radiasi gamma dilakukan dengan cara mengukur pada tempat yang terindikasi adanya paparan radiasi gamma dengan menggunakan Survey meter gamma jenis Graetz X5-DE, seperti terlihat pada gambar 1. Mencatat dalam Lembar bantu paparan radiasi FFL dan KK dengan nomor dokumen SOP 010.004/OT 01 02/BBN 5.1.



Gambar 1. Proses Pengukuran sampel paparan radiasi gamma

2. Pemantauan tingkat kontaminasi udara

Menyiapkan alat dan bahan berupa kertas filter GF-8, Pinset, dan APD. Memasang kertas filter pada sampel holder pada *Permanent Air Sampler* yang terpasang 5 titik mewakili masing-masing area di daerah HR- 05 (tabel 5). Memasang pada arus listrik, guna mengambil laju hisap udara selama 30 menit. Mengambil kertas sampel, dan meletakkan dalam wadah sampel untuk dilakukan pencacahan.

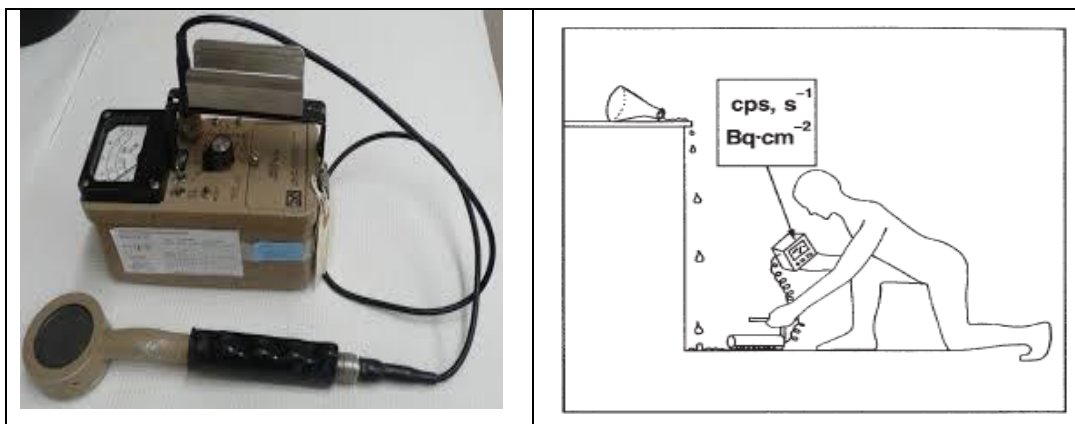


Gambar 2. Proses Pengambilan sampel kontaminasi udara

3. Pemantauan tingkat kontaminasi permukaan meja/lantai tempat kerja.

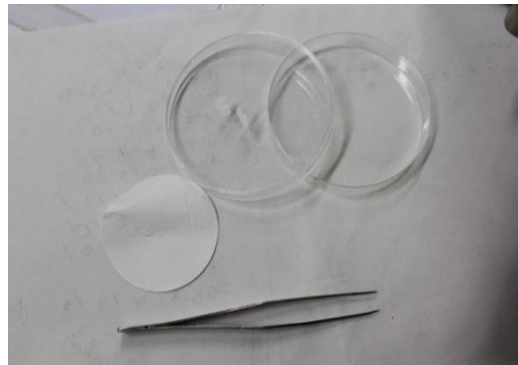
Pengambilan sampel kontaminasi permukaan dilakukan secara langsung dan tidak langsung.

a. Pengambilan sampel secara langsung, dilakukan dengan mengukur secara langsung dengan alat survey meter alpha pada tempat yang terindikasi tumpahan serbuk/cairan UO_2 maupun *Yellow Cake*.



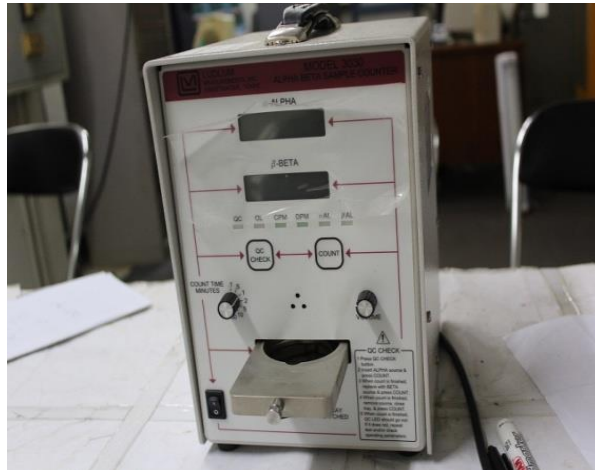
Gambar 3. Proses Pengambilan sampel sampel kontaminasi permukaan secara langsung

- b. Pengambilan sampel secara tidak langsung/tes usap
1. Menyiapkan alat dan bahan berupa kertas filter GF-8, pinset dan APD.
 2. Melakukan tes usap pada titik-titik yang terindikasi adanya ceceran/tumpahan serbuk UO_2 .
 3. Meletakkan kertas sampel pada wadah sampel untuk dilakukan pencacahan.



Gambar 4. Proses Pengambilan sampel sampel kontaminasi permukaan secara tidak langsung/tes usap

4. Pencacahan
- a. Pencacahan kertas sampel kontaminasi permukaan
Melakukan pencacahan kertas filter hasil test usap, waktu pencacahan 1 menit, pengulangan 3 kali pada masing-masing sampel kertas usap. Kemudian dicatat dalam lembar bantu No. Dok SOP 011.002/KN04 02/BBN 5.1.
 - b. Pencacahan kertas sampel kontaminasi udara
Melakukan pencacahan kertas filter hasil isapan dari *permanent air sampler*, dengan waktu tunda sekitar 1 jam, waktu pencacahan 1 menit, dan pengulangan 3 kali pada masing-masing sampel kertas filter. Kemudian dicatat dalam lembar bantu No. Dok SOP 009.002/KN04 02/BBN 5.



Gambar 5. Proses Pencacahan kertas filter sampel kontaminasi udara/permukaan

Perhitungan Aktivitas

Rumus Perhitungan Aktivitas zat radioaktif di udara

$$A = C \times FK \times \frac{1}{d} \times \frac{1}{t} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan :

- A = Aktivitas zat radioaktif di udara (Bq/m³);
- C = laju cacahan (cps);
- FK = Faktor Kalibrasi : 1,8 Bq/cps
- d = debit hisap udara (m³/menit);
- t = waktu hisap udara (menit).

$$A = C \times FK \times \frac{1}{L} \times \frac{1}{F} \dots\dots\dots(2)$$

Dengan:

- A = Aktivitas zat radioaktif di permukaan (Bq/cm²);
- C = laju cacahan (cps);
- FK = Faktor Kalibrasi : 1,8 Bq/cps
- L = Luas permukaan yang diusap (100 cm²);
- F = fraksi yang terambil (10 % atau 0,1)

Evaluasi dan Dokumentasi

Mencatat hasil pengukuran, berupa data pengukuran laju paparan radiasi gamma, radioaktivitas alpha di udara dan permukaan ke dalam Dok. No. SOP 011.002/KN04 02/BBN 5. Petugas Proteksi Radiasi melakukan verifikasi hasil berdasar batasan keselamatan. Ka. Sub Keselamatan Kerja dan Proteksi Radiasi melakukan evaluasi dan

pengesahan. Menyimpan data dalam *file holder* Pemantauan Daerah Kerja IEBE dalam bentuk *soft* dan *hard file* untuk keperluan selanjutnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengelolaan data pengukuran radiasi dan kontaminasi di lingkungan daerah kerja IEBE, selama tahun 2017 menunjukkan bahwa tingkat radiasi dan kontaminasi masih di bawah NBD, seperti pada Tabel 4-7. Sistem pemantauan tersebut meliputi proses pengambilan data dengan cara pengukuran laju paparan radiasi, dengan menggunakan alat Graetz X5-DE, rentang pengukuran nano sievert sampai dengan mili sievert. Sampling kontaminasi permukaan daerah kerja dengan cara tidak langsung menggunakan test usap pada masing-masing tempat kerja yang terindikasi adanya potensi bahaya kontaminasi, sedang sampling kontaminasi udara dilakukan dengan mengambil cuplikan pada alat air sampler selama 30 menit yang terpasang permanen pada ruang fabrikasi dan gudang uranium. Sampel hasil test usap dan air sampler dicacah menggunakan *alpha/betha sampel counter type 3030*. Hasil cacah kemudian dilakukan perhitungan aktifitasnya menggunakan persamaan 1 dan 2.

Tabel 4. Laju paparan radiasi- γ tertinggi ($\mu\text{Sv}/\text{jam}$) daerah kerja IEBE
Tahun 2017

Ruang / Posisi	Bulan Ke :											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
HR GB 05 A	0,302	0,311	0,290	0,255	0,256	0,312	0,369	0,360	0,360	0,294	0,285	0,312
GB B	0,270	0,287	0,305	0,315	0,310	0,346	0,326	0,355	0,323	0,336	0,325	0,294
GB C	0,290	0,300	0,315	0,276	0,360	0,394	0,266	0,382	0,306	0,336	0,310	0,256
MK A	0,269	0,390	0,630	0,572	0,250	0,354	0,242	0,425	0,334	0,287	0,320	0,206
MK B	3,620	2,510	3,250	3,330	4,010	0,340	3,700	2,590	4,810	2,930	3,960	3,411
MK C	0,134	0,166	0,200	0,166	0,105	0,140	0,138	0,145	0,117	0,159	0,157	0,148
TS 1	0,148	0,241	0,120	0,136	0,115	0,130	0,129	0,118	0,110	0,213	0,164	0,157
TS 2	0,118	0,190	0,210	0,164	0,117	0,123	0,145	0,150	0,150	0,138	0,176	0,127

TR	0,131	0,199	0,155	0,121	0,099	0,115	0,118	0,161	0,121	0,144	0,181	0,121
HR 04 X	3,700	2,150	2,300	2,960	3,100	3,330	4,070	3,700	3,700	3,900	2,950	2,950
HR 22 A	0,177	0,119	0,120	0,183	0,115	0,125	0,149	0,128	0,154	0,153	0,147	0,219
HR 23 B	0,158	0,186	0,151	0,213	0,180	0,150	0,249	0,221	0,221	0,209	0,157	0,201
HR 24 C	0,329	0,255	0,258	0,381	0,280	0,250	0,295	0,248	0,262	0,299	0,330	0,246
HR 25 D	0,201	0,109	0,151	0,168	0,115	0,125	0,112	0,135	0,129	0,162	0,117	0,119
Satuan $\mu\text{Sv}/\text{jam}$, Batas Laju Paparan Radiasi Yang Diijinkan $\leq 25 \mu\text{Sv}/\text{jam}$												
GB: <i>Glovebox</i> FH: <i>Fumehood</i> MK: Meja Kerja A/B/C : Lokasi Pantau A/B/C												

Hasil pemantauan mingguan selama tahun 2017 disajikan pada Tabel 4, yang menunjukkan bahwa laju paparan radiasi- γ tertinggi di daerah kerja IEBC sebesar $4,810\mu\text{Sv}/\text{jam}$ pada bulan September di meja kerja B, ruang HR-05. Pantauan ini masih jauh di bawah batas yang diijinkan, yaitu dibawah $25 \mu\text{Sv}/\text{jam}$. Hal ini menunjukkan bahwa pada bulan September aktivitas proses mengalami puncaknya. Beberapa lokasi seperti HR-04 (gudang Uranium) dan HR-05 (Ruang Peletisasi) memang menonjol paparan radiasinya dibanding lokasi lain. Hal ini disebabkan di lokasi tersebut tersimpan atau terdapat tumpukan Uranium yang menjadi sumber radiasi. Tingginya tingkat paparan radiasi γ di HR-05 (di daerah meja kerja) karena terdapat tumpukan pelet UO_2 yang dalam proses pengerjaan dan di ruangan lain hampir mendekati *background*.

Tabel 5. Tingkat keradioaktifan (Bq/m^3) udara tertinggi daerah kerja IEBC Tahun 2017

Ruang / Posisi	Bulan Ke :											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
HR 05 U1	1,794	1,645	1,667	2,250	0,737	0,664	1,107	1,029	0,989	1,168	0,817	1,120
U2	1,684	1,346	1,472	2,176	0,759	0,650	1,087	0,887	0,971	1,040	0,693	1,007
U3	0,887	1,804	1,083	1,815	0,774	0,595	1,960	1,117	0,869	1,263	0,876	1,047
U4	0,927	1,794	1,185	1,750	0,657	0,613	1,540	1,128	0,770	1,135	0,825	1,047
HR 04 U5	2,671	2,183	2,000	3,111	1,040	0,974	1,150	1,336	1,204	1,383	1,036	1,960
HR 08	0,343	0,500	0,450	0,615	0,410	-	0,710	0,215	-	0,350	0,215	0,460

Batasan (MPC)	Daerah tidak aktif (zona I)	Daerah radiasi rendah (zona II)	Daerah radiasi sedang (zona III)
Radio-aktivitas udara	Background	$\leq 2 \text{ Bq/m}^3(\alpha)$	$\leq 20 \text{ Bq/m}^3(\alpha)$

Pemantauan keradioaktifan udara di ruangan kerja dilakukan di daerah yang berpotensi terhadap bahaya kontaminasi (daerah kerja yang menangani Uranium dalam bentuk serbuk). Pada Tabel 5 menunjukkan bahwa HR 04 atau ruang gudang menunjukkan tingkat keradioaktifan udara tertinggi di daerah kerja IEBE sepanjang tahun 2017.

Pemantauan di IEBE dilakukan juga di HR-05 tempat kegiatan peletisasi yang menangani serbuk Uranium dan udara di gudang Uranium (HR 04). Ruangan di HR-05 yang cukup luas dipantau dengan empat buah pencuplik udara pada setiap sisi dinding.

Tabel 6. Tingkat Kontaminasi Permukaan (Bq/cm^2) Daerah Kerja Tertinggi IEBE Tahun 2017

Ruang/ Posisi	Bulan ke :											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
HR 05 GB A	0,007	0,006	0,007	0,010	0,007	0,005	0,003	0,002	0,003	0,004	0,003	0,003
GB B	0,006	0,009	0,007	0,009	0,009	0,007	0,003	0,003	0,004	0,002	0,005	0,005
GB C	0,005	0,005	0,007	0,003	0,008	0,005	0,003	0,002	0,003	0,004	0,003	0,002
MK A	0,005	0,004	0,011	0,031	0,015	0,005	0,005	0,154	0,074	0,007	0,007	0,018
MK B	0,010	0,017	0,009	0,025	0,036	0,007	0,003	0,006	0,003	0,009	0,003	0,004
MK C	0,004	0,002	0,003	0,007	0,003	0,005	0,002	0,001	0,022	0,002	0,003	0,001
TS 1	0,004	0,002	0,004	0,003	0,003	0,003	0,001	0,001	0,001	0,003	0,001	0,004
TS 2	0,008	0,003	0,007	0,003	0,006	0,003	0,001	0,002	0,003	0,002	0,001	0,002
TR	0,005	0,008	0,006	0,008	0,008	0,008	0,001	0,002	0,002	0,004	0,004	0,004
HR 04 X	0,011	0,011	0,008	0,006	0,006	0,011	0,005	0,005	0,005	0,008	0,004	0,004
HR 22 A	0,007	0,006	0,007	0,004	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002	0,002
HR 23 B	0,003	0,004	0,007	0,003	0,003	0,006	0,009	0,001	0,003	0,003	0,002	0,003
HR 24 C	0,008	0,010	0,006	0,008	0,007	0,009	0,002	0,004	0,002	0,003	0,004	0,003
HR 25 D	0,006	0,004	0,007	0,006	0,008	0,005	0,002	0,002	0,003	0,002	0,003	0,002
Batasan (MPC)	Daerah tidak aktif (zona I)			Daerah Radiasi rendah (zona II)				Daerah radiasi sedang (zona III)				
Radioaktivitas permukaan	Background			$\leq 0.37 \text{ Bq/cm}^2(\alpha)$				$\leq 3.7 \text{ Bq/cm}^2(\alpha)$				
GB: Glovebox FH: Fumehood MK: Meja Kerja A/B/C : Lokasi Pantau A/B/C												

Berdasarkan data pantauan permukaan tabel 6 diperoleh hasil bahwa tingkat kontaminasi tertinggi terdapat di lokasi meja kerja A HR-05 sebesar $0,154 \text{ Bq/cm}^2 (\alpha)$ dan terjadi pada bulan Agustus. Secara umum masih jauh di bawah batas yang diijinkan yakni $3,7 \text{ Bq/cm}^2 (\alpha)$.

Tabel 7 : Tingkat keradioaktifan udara buang (*stack*) (Bq/m^3) IEBE Tahun 2017

Keradio-aktifan	Bulan ke/ Radioaktivitas (Bq/m^3)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
α	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Batasan (MPC)	$2 \text{ Bq/m}^3 (\alpha)$											

Dari data pemantauan terlihat bahwa lepasan keradioaktifan udara ke lingkungan dari cerobong (*stack*) IEBE sangat kecil yakni sebesar $0,01 \text{ Bq/m}^3 (\alpha)$ sepanjang tahun 2017. Hal ini masih jauh di bawah batas yang diizinkan, yaitu dibawah $2 \text{ Bq/m}^3 (\alpha)$.

KESIMPULAN

Pengelolaan data pengukuran radiasi dan kontaminasi di IEBE telah dikelola dengan baik dan didokumentasikan sesuai dengan Program Jaminan Mutu PTBBN. Rekaman yang terkait dengan data Keselamatan Radiasi tersebut disimpan oleh Petugas Keselamatan, terdiri dari LB pemantauan paparan radiasi, LB pemantauan radioaktivitas udara, dan LB pemantauan radioaktivitas permukaan lantai. Data dari LB tersebut disalin pada LP daerah kerja IEBE, kemudian diserahkan kepada Kepala BKKABN untuk digunakan sebagai bahan laporan keselamatan kerja IEBE. Dapat disimpulkan bahwa pengelolaan data pengukuran radiasi dan kontaminasi daerah kerja aktif IEBE, telah sesuai dengan pasal 6 PP Nomor 33 tahun 2007.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih Kami ucapkan kepada seluruh personil BKKABN yang telah membantu tersusunnya sistem pengelolaan data hasil pemantauan daerah radiasi dan kontaminasi di IEBE ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. BATAN-PTBBN, Laporan Analisis Keselamatan IEBE Rev.7, No. Dok.: KK 20j09003, 2012.

2. Keputusan Kepala BAPETEN No. 04, Ketentuan Keselamatan Kerja Terhadap Radiasi, 2013.
3. *Basic Safety Standards for Radiation Protection, IAEA Safety Series No 9, 1982.*
4. *Workplace Monitoring for Radiation and Contamination, IAEA-PRTM-1, Vienna, 2004.*
5. Sistem Manajemen Basis Data, Wikipedia, 24 Oktober 2014.
6. PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA Nomor 33 tahun 2007, Tentang Keselamatan radiasi pengion dan keamanan sumber radioaktif, 2007.