

SISTEM PENGELOLAAN DATA HASIL *SAMPLING*, PENGUKURAN DAN PENCACAHAN DAERAH RADIASI DAN KONTAMINASI DI IEBE TAHUN 2015

Sri Wahyuningsih, Nudia Barenzani, Arca Datam Sugiarto

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir – BATAN

ABSTRAK

Sistem pengelolaan data hasil sampling, pengukuran dan pencacahan daerah radiasi dan kontaminasi di IEBE 2015 telah dibuat. Sistem pengelolaan data tersebut dibuat bertujuan sebagai rekaman mutu untuk penyusunan laporan pengoperasian IEBE. Peralatan dan bahan yang digunakan antara lain: surveymeter γ , alat $\alpha\beta$ counter, air sampler, filter udara, dan filter usap. Tahapan kerja yang dilakukan untuk pengelolaan data antara lain: persiapan pemantauan, pelaksanaan pemantauan, pengolahan data, serta evaluasi hasil pemantauan. Hasil pemantauan paparan radiasi dan kontaminasi daerah aktif IEBE telah dikelola menjadi suatu sistem, dan didokumentasikan sesuai dengan program Jaminan Mutu PTBBN. Rekaman yang terkait dengan data keselamatan radiasi tersebut disimpan oleh Petugas Keselamatan (PK), terdiri dari Lembar Bantu (LB) pemantauan paparan radiasi, LB pemantauan radioaktivitas udara, dan LB pemantauan radioaktivitas permukaan lantai. Data dari LB tersebut dimasukkan ke dalam Lembar Pemantauan (LP) daerah kerja IEBE, kemudian diserahkan kepada Kepala BKKABN untuk digunakan sebagai bahan laporan keselamatan kerja IEBE. Dari hasil evaluasi dapat disimpulkan bahwa sistem pengelolaan data hasil sampling, pengukuran dan pencacahan daerah radiasi dan kontaminasi di IEBE 2015 telah sesuai dengan pasal 6 PP Nomor 33 tahun 2007.

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.

Pemantauan keselamatan kerja di IEBE, melewati suatu sistem proses pengambilan, pengolahan, evaluasi, dan dokumentasi data. Proses pengambilan data yaitu proses pengukuran paparan radiasi, sampling radioaktivitas udara dan permukaan, pencacahan

hasil sampling, dan perhitungan aktivitas. Data sistem hasil pemantauan tersebut harus dikelola dengan baik untuk keperluan laporan ke Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN), dan agar tujuan keselamatan tercapai dengan cara melakukan tindakan korektif yang tepat apabila data hasil pemantauan menunjukkan kondisi yang abnormal.

TEORI

Sistem adalah suatu kesatuan dari elemen yang saling berkait yang digunakan untuk mencapai tujuan tertentu. Sistem dibuat untuk menangani sesuatu yang berulang kali atau secara rutin terjadi. Definisi pengolahan data adalah suatu bahan mentah 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 pengionan 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 menghindari paparan berlebihan. Untuk keperluan tersebut sangatlah penting untuk mengetahui potensi bahaya radiologis yang diakibatkan kegiatan IEBE. Metode pemantauan dan penggunaan instrumen yang efisien dan tepat memungkinkan paparan dapat dikontrol dan dosis yang diterima diupayakan serendah mungkin .

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:

- Dose rate meters* digunakan untuk mengukur laju paparan eksternal.
- Dosimeters* yang dapat mengindikasikan paparan eksternal kumulatif.
- Surface contamination meters* yang mengindikasikan potensi paparan internal saat substansi radioaktif terdistribusi di permukaan lantai/meja kerja.
- Airborne contamination meters* dan gas monitors yang mampu mengindikasikan paparan internal ketika substansi radioaktif terdispersi di atmosfer.

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).

Rumus Perhitungan Radioaktivitas permukaan:

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

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)

PERALATAN YANG DIGUNAKAN

Tabel 1. Daftar instrumen untuk proteksi radiasi di IEBC

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 μSv/hr - 9999 Sv/hr 0.0 cpm – 999 kcpm 0.0 cps – 100 kcps	CR- 41	Penggantian baterai, dan Kalibrasi setiap 1 tahun.

METODOLOGI

Dalam melakukan kegiatan pemantauan, mengacu pada SOP 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.

Tabel 2. Standar Operasional Prosedur sebagai acuan dalam pemantauan daerah kerja

No	Standar Operasional Prosedur	No. Dokumen
1.	Pemantauan paparan radiasi dan radioaktivitas Daerah Kerja di Instalasi Elemen Bakar Eksperimental	SOP 025.002/KN04 02/BBN 5.1
2.	Lampiran 1. Lembar Pemantauan daerah Kerja FFL dan KK	SOP 008 004/OT 01 02/BBN 5.1
3.	Lampiran 2. Lembar Bantu Pemantauan Radioaktivitas Udara FFL dan KK	SOP 009 004/OT 01 02/BBN .1
4.	Lampiran 3. Lembar Bantu Pemantauan Paparan Radiasi FFL dan KK	SOP 010.004/OT 01 02/BBN 5.1
5.	Lampiran 3. Lembar Bantu Pemantauan Radiaaktivitas Permukaan FFL dan KK	SOP 011.004/OT 01 02/BBN 5.1

A. Proses Pengumpulan Data

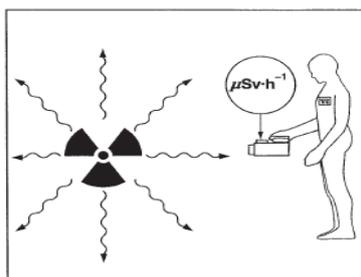
Pengumpulan data berupa hasil pengukuran paparan radiasi dan pengambilan sampel tingkat kontaminasi udara/permukaan, pada daerah yang terindikasi sumber internal dan eksternal. Waktu dan peralatan yang digunakan dalam pengambilan sampel seperti dalam Tabel 3 dan 4, berikut :

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
		Minimal 1 kali per bulan	HR-37, HR 08, HR-11/14
	Kontaminasi permukaan	Minimal 1 kali per minggu	HR-04, HR-05, lab Kendali Kualitas
	Kontaminasi udara buang	Setiap hari	<i>Stack Monitor</i>

Pengukuran laju paparan radiasi

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

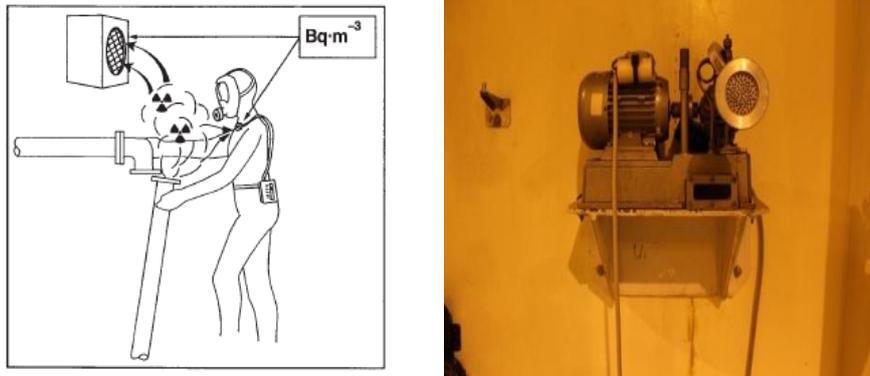


Gambar 1. Proses pengukuran sampel paparan radiasi gamma.

Pemantauan Tingkat kontaminasi Udara

1. Menyiapkan alat dan bahan : kertas filter GF-8, Pinset, dan APD
2. Memasang kertas filter pada sampel holder pada *Permanent Air Sampler* yang terpasang 5 titik mewakili masing-masing area di daerah HR- 05 (Tabel 5)

3. Memasang pada arus listrik, guna mengambil laju hisap udara selama 30 menit.
4. Mengambil kertas sampel, dan meletakkan dalam wadah sampel untuk dilakukan pencacahan.

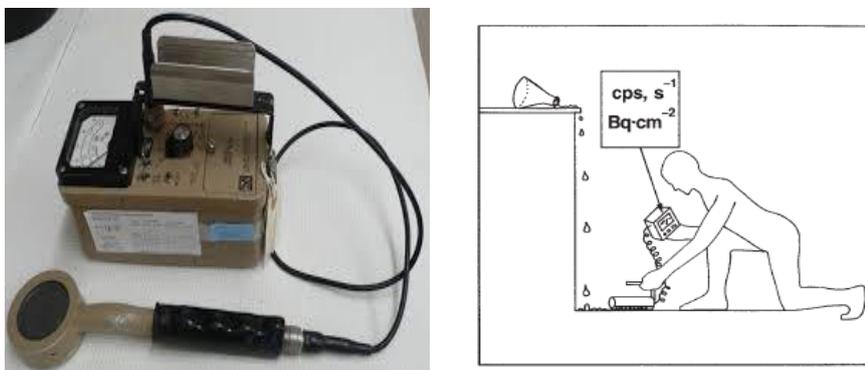


Gambar 2. Proses pengambilan sampel kontaminasi udara

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 α* 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 : 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 kontaminasi permukaan secara tidak langsung/tes usap.

B. Pencacahan

Pencacahan kertas sampel kontaminasi permukaan

1. Melakukan pencacahan kertas sampel hasil tes usap, waktu pencacahan 1 menit, pengulangan 3 kali pada masing-masing sampel kertas usap
2. Mencatat dalam lembar bantu No. Dok SOP 011.002/KN04 02/BBN 5.1

Pencacahan kertas sampel kontaminasi udara

1. Melakukan pencacahan kertas filter hasil hisapan dari *permanent air sampler*, dengan waktu tunda sekitar 1 jam, waktu pencacahan 1 menit, dan pengulangan 3 kali pada masing-masing sampel kertas filter
2. Mencatat dalam lembar bantu No. Dok SOP 009.002/KN04 02/BBN 5



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

C. Dokumentasi hasil sampling,

1. Mencatat hasil sampling, berupa data pengukuran laju paparan radiasi γ , radioaktivitas alpha diudara dan permukaan kedalam Dok. No. SOP 011.002/KN04 02/BBN 5.
2. Petugas Proteksi Radiasi melakukan verifikasi hasil berdasar batasan keselamatan.
3. Ka. Sub Keselamatan Kerja dan Proteksi Radiasi melakukan evaluasi dan pengesahan.

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

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem pengelolaan data hasil sampling tingkat kontaminasi dan radiasi dilingkungan daerah kerja IEBE, dalam Sub.Bidang Keselamatan Kerja dan Proteksi Radiasi (KKPR) disebut sistem pemantauan. 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 tes 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 tes usap dan *air sampler* dicacah menggunakan *alpha/betha sampel counter type 3030*. Hasil cacah kemudian dilakukan perhitungan aktifitasnya menggunakan persamaan 1 dan 2. Berikut data pemantauan triwulan I yang dilakukan oleh Sub.Bid. KKPR, bisa dilihat pada Tabel sebagai berikut:

Tabel 4. Laju paparan radiasi- γ ($\mu\text{Sv/jam}$) daerah kerja IEBE periode Januari s/d Maret 2015

Ruang / Posisi	Januari 2015				Februari 2015				Maret 2015			
	7	14	21	28	5	13	17	25	4	10	19	25
HR 05 GB A	0,188	0,302	0,352	0,250	0,283	0,320	0,280	0,194	0,259	0,292	0,352	0,344
GB B	0,223	0,331	0,356	0,310	0,308	0,457	1,220	0,371	0,327	0,304	2,100	2,350
GB C	0,188	0,223	0,299	0,220	0,204	0,254	0,279	0,224	0,255	0,211	0,315	0,307
MK A	0,156	0,151	0,192	0,115	0,223	0,183	0,314	2,590	0,500	0,215	0,250	0,302
MK B	4,810	3,330	4,070	3,200	4,810	4,070	3,330	6,290	4,810	4,810	3,970	3,830
MK C	0,102	0,142	0,137	0,115	0,107	0,140	0,133	0,141	0,096	0,180	0,101	0,139
TS 1	0,080	0,150	0,141	0,110	0,120	0,145	0,145	0,155	0,134	0,137	0,105	0,158
TS 2	0,085	0,116	0,129	0,115	0,159	0,156	0,116	0,179	0,122	0,180	0,100	0,125
TR	0,071	0,081	0,105	0,112	0,109	0,111	0,128	0,134	0,144	0,111	0,098	0,158
HR 04 X	2,140	2,960	2,590	2,220	2,960	2,590	2,140	2,960	3,330	2,960	2,720	2,590
HR 22 A	0,099	0,111	0,102	0,115	0,110	0,102	0,164	0,090	0,117	0,152	0,106	0,133
HR 23 B	0,104	0,130	0,106	0,110	0,176	0,145	0,129	0,118	0,200	0,131	0,125	0,134
HR 24 C	0,208	0,242	0,124	0,210	0,201	0,218	0,203	0,173	0,350	0,185	0,211	0,161
HR 25 D	0,098	0,091	0,109	0,110	0,106	0,105	0,091	0,109	0,103	0,106	0,090	0,085

Tabel 5. Tingkat radioaktivitas udara (Bq/m^3) daerah kerja IEBE periode Januari s/d Maret 2015

Ruang/ Posisi	Januari 2015				Februari 2015				Maret 2015			
	7	14	21	22	5	13	17	25	4	10	19	25
	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
HR 05 U1	1,461	2,461	2,526	1,289	3,711	2,618	2,342	2,408	1,513	2,658	2,470	2,035
U2	1,368	2,013	2,421	1,310	3,671	2,513	1,895	1,947	1,263	2,842	2,258	1,675
U3	0,868	1,671	2,053	1,210	2,671	1,684	1,947	1,776	1,079	2,855	2,192	1,351
U4	0,921	1,487	2,329	1,315	2,711	1,618	1,645	1,908	0,842	2,671	1,968	1,395
HR 04 U5	0,868	1,502	3,421	1,510	1,421	1,974	1,632	1,605	0,961	2,816	2,100	1,149
HR 08	-	-	-	0,513	-	-	-	1,432	-	-	-	0,725
HR 11 – 14	-	-	-	0,711	-	-	-	1,066	-	-	-	0,799

Tabel 6. Tingkat radioaktivitas permukaan (Bq/cm^2) daerah kerja IEBE periode Januari s/d Maret 2015

Ruang/ Posisi	Januari 2015				Februari 2015				Maret 2015			
	7	14	21	28	5	13	17	25	4	10	19	25
	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
HR 05 GB A	0,008	0,002	0,003	0,003	0,009	0,005	0,008	0,009	0,008	0	0	0
GB B	0,015	0,014	0,005	0,005	0,009	0,006	0,009	0	0,003	0,002	0,008	0,004
GB C	0,009	0,002	0,006	0,021	0,006	0,005	0,003	0,011	0,005	0	0,005	0
MK A	0,003	0	0,017	0,119	0,059	0,006	0,036	0,074	0,054	0,047	0,066	0,032
MK B	0,005	0,003	0,003	0,011	0,002	0,009	0,011	0	0	0	0,005	0,011
MK C	0,011	0,006	0,006	0	0,002	0,011	0	0,011	0	0,003	0,006	0
TS 1	0,002	0,002	0	0,017	0,005	0	0,005	0	0	0	0	0
TS 2	0	0,002	0	0,009	0	0,002	0,003	0	0,003	0	0	0
TR	0,003	0,002	0	0	0	0,005	0,002	0,008	0,003	0,003	0	0,001
HR 04 X	0,003	0,008	0,011	0,003	0,008	0,011	0,011	0,012	0,012	0,003	0,009	0,004
HR 22 A	0,006	0	0	0	0,006	0,002	0,005	0	0,003	0	0	0,002
HR 23 B	0,002	0	0,003	0,005	0,003	0,003	0,003	0,011	0,002	0,003	0,006	0,007
HR 24 C	0,005	0	0,006	0,055	0,003	0,009	0,008	0,002	0,030	0,005	0	0,004
HR 25 D	0,006	0	0,002	0	0	0,002	0,002	0	0	0	0,009	0

Tabel 7. Tingkat radioaktivitas udara buang (cerobong) Bq/m³ IEBE periode Januari s/d Maret 2015

Radioaktivitas (Bq/m ³)	Januari 2015				Februari 2015				Maret 2015			
	7	14	21	28	5	13	17	25	4	10	19	25
	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
Udara buang IEBE	0,01	0,01	0,06	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Dari Tabel 4 sampai dengan 7 dapat terlihat bahwa, data hasil pengukuran selama Triwulan I paparan radiasi γ tertinggi pada Meja Kerja-B/ HR-05, sebesar 6,290 μ Sv/jam. Hal tersebut dikarenakan terdapat beberapa wadah berisi pelet hasil litbang bahan bakar nuklir yang masih dalam proses litbang. Dengan meningkatnya kuantitas bahan bakar, maka mengakibatkan meningkat pula intensitas paparan γ pada tempat tersebut. Radioaktivitas udara tertinggi terletak pada titik pengambilan U1 sebesar 3,711 Bq/m³ dan radioaktivitas permukaan yang tertinggi terletak pada Meja Kerja-A, sebesar 0,119 Bq/cm²

Data hasil pemantauan tersebut dievaluasi oleh Petugas Proteksi Radiasi dengan cara membandingkan hasil yang diperoleh dengan batasan keselamatan bekerja dengan radiasi yang telah ditetapkan oleh badan Pengawas (Tabel 8). Sistem perolehan data dilakukan secara berkala di daerah kerja IEBE dan bersifat data primer dimana data dikumpulkan dan diolah sendiri oleh staf Keselamatan Kerja dan Proteksi Radiasi yang bertugas di IEBE. Data tingkat paparan radiasi dan kontaminasi tersebut bersifat kuantitatif yaitu data dalam bentuk angka dan bersifat data *internal* dimana data merupakan gambaran keadaan tingkat radiasi dan kontaminasi di daerah kerja IEBE.

Tabel 8. Batasan keselamatan dan zone kerja IEBE

Zona	Radioaktivitas - α		Paparan Radiasi -γ	Keterangan
	Permukaan	Udara		
I	<i>background</i>	<i>background</i>	Background	Permukaan: lantai, meja kerja, baju
II	≤ 0,37 Bq/cm ²	≤ 2 Bq/m ³	< 25 μ Sv/jam	
III	≤ 3,7 Bq/cm ²	≤ 20 Bq/m ³	25 μ Sv/jam	

KESIMPULAN

Hasil sampling, pengukuran dan pencacahan daerah radiasi dan kontaminasi di IEBE telah dikelola menjadi suatu sistem, 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. Dari hasil evaluasi disimpulkan bahwa sistem pengelolaan data hasil pemantauan paparan 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