

EVALUASI HASIL SAMPLING, PENGUKURAN DAN PENCACAHAN UNSUR DAERAH RADIASI DAN KONTAMINASI DI IEBE TAHUN 2016

Nudia Barenzani

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir

ABSTRAK

Telah dilakukan evaluasi terhadap hasil sampling, pengukuran dan pencacahan unsur pada daerah radiasi dan kontaminasi di area laboratorium Instalasi Elemen Bakar Eksperimental (IEBE) untuk kurun waktu 2016. Evaluasi dilakukan dengan cara melakukan rekapitulasi terhadap hasil pemantauan daerah kerja yang meliputi, data pengukuran paparan radiasi, data tingkat kontaminasi udara maupun permukaan lantai/meja daerah kerja aktif IEBE. Tujuan evaluasi adalah untuk mengetahui apakah hasil-hasil dari pemantauan daerah kerja aman terhadap pekerja radiasi untuk melakukan kegiatan litbang bahan bakar nuklir. Metode pemantauan di klasifikasikan dalam tiga area kerja yang berbeda tujuan dan fungsi, yaitu area kerja *Fuel Fabrication Laboratory* (FFL), *Pilot Conversion Plant* (PCP) dan laboratorium kendali kualitas. Hasil yang diperoleh untuk paparan radiasi pada area FFL tertinggi sebesar 5,023 $\mu\text{sv}/\text{jam}$ pada meja kerja- B. Sedangkan untuk area PCP, paparan yang terukur tertinggi sebesar 6,29 $\mu\text{sv}/\text{jam}$, terletak pada posisi HR-36 dengan kode lokasi r4. Nilai paparan yang terukur masih di bawah batasan keselamatan yaitu 25 $\mu\text{sv}/\text{jam}$. Hasil tertinggi tingkat kontaminasi permukaan di laboratorium FFL, di area meja kerja-A, sebesar 0,228 Bq/cm². Sedangkan tingkat kontaminasi permukaan yang tertinggi pada area PCP, sebesar 0,059 Bq/cm². Tingkat kontaminasi permukaan di meja kerja-A adalah termasuk dalam kategori kontaminasi sedang tetapi masih di bawah batasan keselamatan yaitu 3,7 Bq/cm². Hasil pemantauan kontaminasi udara pada area laboratorium FFL, diperoleh nilai tertinggi sebesar 3,359 Bq/m³ pada kode lokasi U5 yaitu di gudang uranium/HR-04. Sedangkan tingkat kontaminasi tertinggi di PCP sebesar 0,228 Bq/m³. Nilai tingkat kontaminasi udara di FFL dan PCP masih di bawah batasan keselamatan yaitu 20 Bq/m³. Hasil evaluasi terhadap hasil sampling, yaitu pengukuran paparan radiasi dan pencacahan unsur yang dikonversikan menjadi tingkat kontaminasi masih dalam batasan keselamatan.

Kata Kunci: Evaluasi, paparan radiasi, tingkat kontaminasi, dan IEBE

PENDAHULUAN

Instalasi Elemen Bakar Eksperimental (IEBE) merupakan fasilitas Penelitian dan Pengembangan (Litbang) bahan bakar nuklir. IEBE didesain untuk dapat memproduksi bahan bakar reaktor daya. Aktivitas yang dilakukan di IEBE meliputi proses pemurnian dan koversi UO₂, fabrikasi elemen bakar nuklir dan di dukung oleh laboratorium uji kimia maupun fisika. Dalam proses kegiatan litbang yang menangani bahan bakar nuklir tersebut, tentu saja berpotensi bahaya radiasi maupun kontaminasi. Agar proses kegiatan di IEBE berjalan dengan aman bagi pekerja, masyarakat dan lingkungan terhadap bahaya radiasi dan kontaminasi, maka perlu dilakukan pemantauan daerah kerja IEBE. Pemantauan daerah kerja yang dilakukan di IEBE, mencakup: pemantauan terhadap paparan radiasi gamma, kontaminasi radioaktivitas (*gross alpha*) di udara dan kontaminasi radioaktivitas (*gross alpha*) di permukaan lantai/meja daerah kerja IEBE. Dalam kegiatan pemantauan radiasi diukur secara langsung dengan alat survey meter gamma, sedangkan pemantauan kontaminasi, dilakukan beberapa tahap kegiatan, yaitu

pengambilan sampel, pencacahan, perhitungan dan evaluasi terhadap hasil perhitungan. Kegiatan evaluasi sangat penting dilakukan agar dapat memastikan apakah dari alur kegiatan di atas sesuai dengan prosedur yang berlaku, dan untuk mengetahui kondisi laboratorium aman bagi pekerja, masyarakat dan lingkungan, sehingga dapat terhindar dari dampak negatif penggunaan bahan nuklir.

Untuk tercapai tujuan evaluasi, maka akan dilakukan suatu perbandingan antara hasil kegiatan pemantauan di laboratorium IEBE dengan ketentuan keselamatan yang telah ditetapkan oleh badan regulasi, dalam hal ini adalah BAPETEN. Pertimbangan dalam kegiatan pemantauan daerah kerja IEBE, berdasarkan pada fungsi dan risiko bahaya radiasi dan kontaminasi. Untuk itu di laboratorium IEBE dibagi dalam zona-zona daerah kerja yaitu:

1. Zona I (CR/ Cold Room): zona tidak aktif, yaitu tempat untuk melakukan kegiatan yang tidak menangani zat radioaktif sama sekali, misalkan daerah perkantoran/administrasi.
2. Zona II (CR/ Cold Room): daerah kerja menangani bahan uranium yang tertutup.
3. Zona III (HR/ Hot Room): daerah kerja menangani bahan uranium terbuka (ruang PCP, ruang peletisasi, dan ruang kendali kualitas).

Dalam kegiatan evaluasi ini, data hasil pemantauan yang akan dievaluasi dibatasi pada daerah kerja PCP, FFL dan laboratorium kendali kualitas. Lokasi pengukuran paparan radiasi gamma dan pencuplikan radioaktivitas (*gross alpha*) di udara maupun di permukaan daerah kerja IEBE dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Zona lokasi pengambilan sampel laboratorium IEBE

Kegiatan evaluasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa lingkungan kerja/laboratorium IEBE aman dan selamat untuk proses kegiatan litbang IEBE, yaitu tingkat paparan radiasi dan kontaminasi permukaan/udara pada daerah kerja tidak melebihi batasan keselamatan yang telah di tentukan oleh badan regulasi.

TEORI

Evaluasi merupakan kegiatan yang membandingkan antara hasil implementasi dengan kriteria dan standar yang telah ditetapkan untuk melihat kesesuaiannya. Untuk tercapai tujuan evaluasi, maka akan dilakukan suatu perbandingan antara hasil kegiatan pemantauan di laboratorium IEBE dengan ketentuan keselamatan yang telah ditetapkan oleh badan regulasi, dalam hal ini adalah BAPETEN (Tabel 1).

Tabel 1. Batasan Keselamatan Radiasi (*Maximum Permissible Concentration/MPC*)^[1]

Zona	Paparan radiasi γ (D)	Radioaktivitas α		
		di permukaan	di udara	udara buang
I	Background	background	background	$\leq 2 \text{ Bq/m}^3$
II	$< 25 \mu \text{ Sv/jam}$	$\leq 0,37 \text{ Bq/cm}^2$	$\leq 2 \text{ Bq/m}^3$	
III	$\leq 25 \mu \text{ Sv/jam}$	$\leq 3,7 \text{ Bq/cm}^2$	$\leq 20 \text{ Bq/m}^3$	

Tabel 2. Data Nuklida dalam Uranium Alam^[1,2]

Nuklida	Tipe peluruhan	Waktu paro	Energi (MeV)		
			Alpha	Beta	Gamma
U- 238	Alpha	4.5E9 th	4.19	-	0.048
U- 235	Alpha	7.41E8 th	4.18; 4.56	-	0.074; 0.38
U- 234	Alpha	2.5E5 th	4.71 (28%) 4.77 (72%)	-	0.051
Th -234	Beta	24.1 hari	-	0.10 (35%) 0.19 (65%)	0.029; 0.091
Th- 231	Beta	25.6 jam	-	0.30	0.017; 0.031
Pa- 234 m	Beta	1.18 menit	-	2.31 (90%) 1.50 (9%)	0.04; 1.83

Bahan nuklir yang utama digunakan dalam kegiatan litbang IEBE adalah berupa uranium alam, pada Tabel 2 terlihat bahwa uranium alam U-238 mempunyai waktu paruh yang sangat lama yaitu sekitar 4.5 juta tahun dengan tipe peluruhan alpha dan mempunyai energi yang sangat besar yaitu sekitar 4.19 MeV, sehingga apabila masuk ke dalam tubuh manusia akan menimbulkan dampak merusak organ paling besar di banding dengan peluruhan beta dan gamma. Namun begitu, uranium alam juga diikuti dengan peluruhan gamma dengan energi relatif kecil, yaitu sekitar 0.048 Mev. Walaupun peluruhan gamma relatif lebih kecil dari peluruhan alpha, namun karena sifat dari jaringan tubuh manusia yang berbeda-beda, dan bisa menimbulkan dampak yang berbeda-beda pada setiap orang, maka berdasar prinsip ALARA (*As Low As Reasonable Achievable*) yaitu dalam kegiatan litbang IEBE, mengusahakan dosis yang diterima pekerja radiasi sekecil mungkin, maka peluruhan gamma ini juga menjadi perhatian dalam hal

pemantauan. Hal tersebut untuk menghindari dari efek stokastik dari tiap-tiap pekerja radiasi. Dengan pertimbangan seperti tersebut di atas, maka pemantauan daerah kerja IEBE, meliputi pengukuran paparan radiasi, sampling terhadap kontaminasi permukaan di lantai/meja dan sampling terhadap kontaminasi udara pada daerah kerja dengan sumber terbuka^[3].

METODOLOGI

Tata Kerja Pengukuran Paparan Radiasi

- a. Mengukur secara langsung pada daerah yang terindikasi adanya paparan radiasi yang lebih besar dari paparan latar. Pengukuran dilakukan dengan alat survey meter gamma dengan jenis Graetz DX 1150 atau Radiagem.
- b. Mencatat dalam lembar bantu dengan nomor dokumen SOP 010.004/OT 01.02/BBN.5.1 untuk area kerja FFL/KK dan nomor dokumen SOP 022.004/OT 01.02/BBN.5.1 untuk area kerja PCP. Lembar bantu terlampir dalam Standar Operasional Prosedur, nomor dokumen SOP 025.004/OT 01 02/BBN.5.1 tentang Pemantauan Paparan Radiasi dan Radioaktivitas Daerah Kerja di Instalasi Elemen Bakar Eksperimental.
- c. Membandingkan dengan batasan keselamatan yang tertera dalam Tabel 1.

Tata Kerja Sampling Kontaminasi Permukaan dan Udara Daerah Kerja FFL, PCP dan Kendali Kualitas:

a. Sampling Kontaminasi Permukaan

1. Melakukan tes usap pada lantai atau meja yang terindikasi adanya kontaminasi, menggunakan kertas filter GF-8.
2. Melakukan pencacahan dengan alat *Alpha Beta sample counter*, nomor seri 3030.
3. Jika alat di kalibrasi, maka pencacahan menggunakan *Sintilation Alpha Counter (SAC-4)*.
4. Melakukan perhitungan tingkat kontaminasi permukaan dengan rumus :

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

Dengan:

A = aktivitas zat radioaktif di permukaan (Bq/cm²);

C = laju cacahan (cps);

FK = faktor kalibrasi : 1,9 Bq/cps

L = luas permukaan yang diusap (100 cm²);

F = fraksi yang terambil (10 % atau 0,1)

5. Mencatat dalam lembar bantu dengan nomor dokumen SOP 011.004/OT 01.02/BBN.5.1 untuk daerah kerja FFL, dan SOP 024.004/OT 01.02/BBN.5.1 untuk daerah kerja PCP.

b. Sampling Kontaminasi Udara

1. Memasang kertas filter GF-8 dalam air sampler selama 15 menit, sampling dilakukan dalam zona yang berbeda di HR-04 dan HR-05.
2. Melakukan pencacahan dengan alat *Alpha Beta sample counter-3030*, seperti yang dilakukan pada cacah permukaan.
3. Melakukan perhitungan dengan rumus :

$$A = C \times FK \times \frac{1}{d} \times \frac{1}{t} \quad (2)$$

Dengan :

- A = aktivitas zat radioaktif di udara (Bq/m³);
 - C = laju cacahan (cps);
 - FK = faktor Kalibrasi : 1,7 Bq/cps
 - d = debit hisap udara (m³/menit);
 - t = waktu hisap udara (menit).
6. Mencatat dalam lembar bantu dengan nomor dokumen SOP 009.004/OT 01.02/BBN.5.1 untuk daerah kerja FFL, dan SOP 023.004/OT 01.02/BBN.5.1 untuk daerah kerja PCP.

c. Evaluasi Hasil Sampling

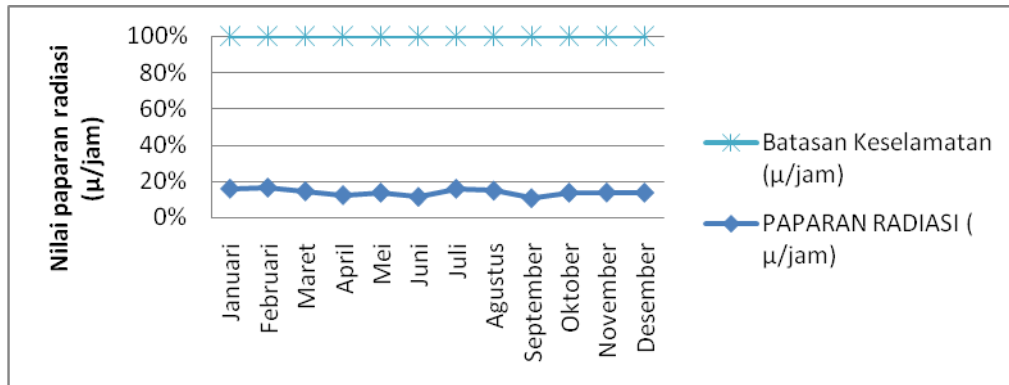
1. Mengumpulkan data hasil pemantauan daerah kerja dan lingkungan IEBE, yang telah dilakukan oleh Sub. Bidang Keselamatan Kerja dan Proteksi Radiasi selama kurun waktu 2016.
2. Mengolah data dan melakukan evaluasi hasil.
3. Membandingkan terhadap batasan keselamatan sesuai dengan Perka BAPETEN No.4/2013.
4. Menyimpulkan hasil evaluasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaluasi terhadap hasil sampling, pengukuran, dan pencacahan unsur daerah radiasi dan kontaminasi adalah sebagai berikut :

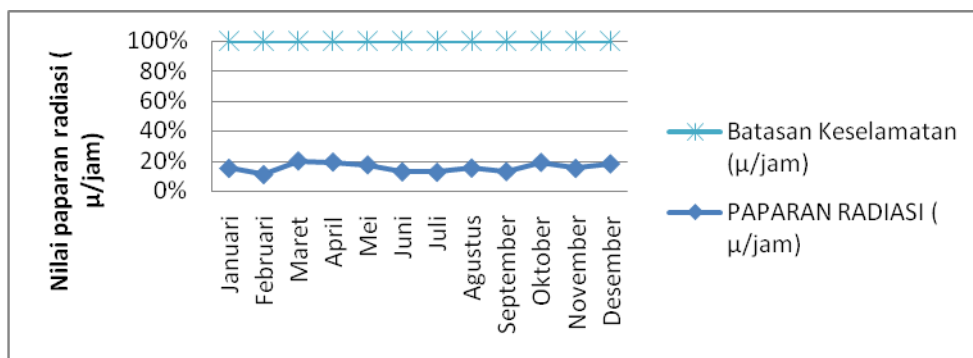
Hasil pengukuran paparan radiasi di area kerja FFL dapat terlihat seperti Gambar 2, yaitu bahwa tingkat paparan radiasi di area kerja FFL tertinggi sebesar 5,023 µSv/jam, dengan

lokasi di meja kerja-B yang terletak di HR-05. Hal tersebut disebabkan karena adanya beberapa kontainer yang berisi pelet UO_2 yang masih dalam proses perencanaan sinter.



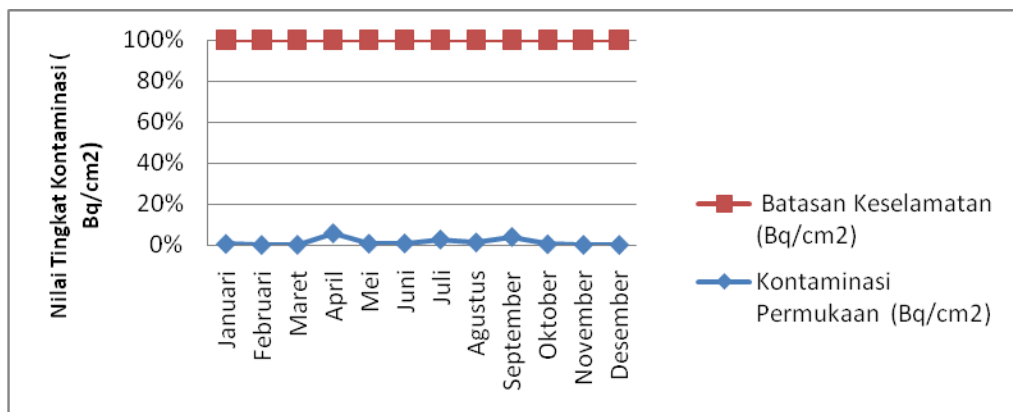
Gambar 2. Grafik hubungan antara nilai paparan radiasi terukur di FFL dengan batasan keselamatan

Sedangkan nilai tertinggi paparan radiasi yang terukur di PCP dapat terlihat pada Gambar 3. Dimana nilai paparan radiasi tertinggi terletak di HR-39 dengan kode posisi r4, sebesar 6.29 µSv/jam. Dibandingkan dengan batasan keselamatan, nilai yang terukur baik di PCP, FFL maupun ruang kendali kualitas masih di bawah batasan keselamatan yang diijinkan, yaitu di bawah 25 µsv/jam.



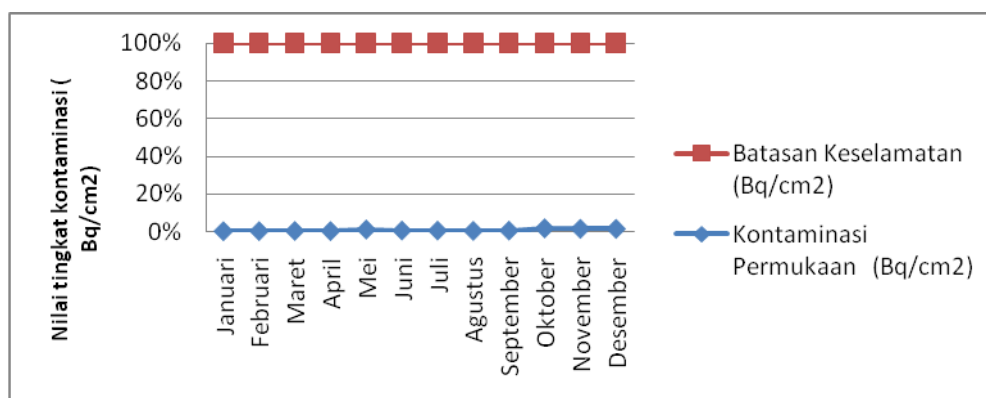
Gambar 3. Grafik hubungan antara nilai paparan radiasi terukur di PCP dengan batasan keselamatan

Hasil sampling tingkat kontaminasi permukaan di lantai/meja kerja di FFL, dapat terlihat dari gambar 4, yaitu di area meja kerja-A yang terletak di HR-05 sebesar 0,228Bq/cm². Meja kerja A adalah tempat untuk dilakukan kegiatan pengukuran dimensi pelet mentah dan terdapat beberapa botol serbuk UO_2 , sehingga memungkinkan terjadinya kontaminasi disekitar meja dan lantai. Nilai tersebut di atas dikategorikan dalam tingkat kontaminasi ringan, tetapi masih di bawah batasan kontaminasi sedang yaitu di bawah 3,7 Bq/cm².



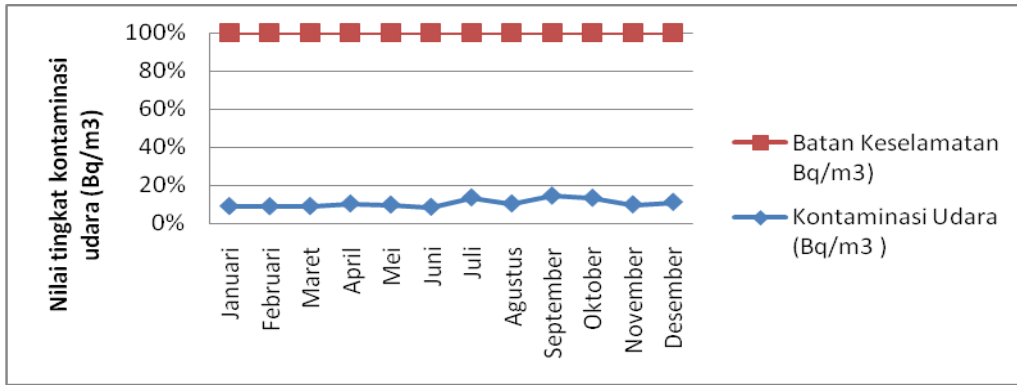
Gambar 4. Grafik hubungan antara tingkat kontaminasi permukaan di FFL dengan batasan keselamatan

Nilai tingkat kontaminasi di area kerja PCP dapat dilihat dalam Gambar 5, tingkat kontaminasi tertinggi sebesar 0,07 Bq/cm² yang terletak di HR-37 dengan kode sampel s6. Nilai tingkat kontaminasi di PCP rata-rata lebih kecil karena area pengambilan sampel dibatasi hanya pada daerah luar tanggul. Hal tersebut untuk memastikan bahwa tidak ada penyebaran kontaminasi ke daerah yang lebih bersih.



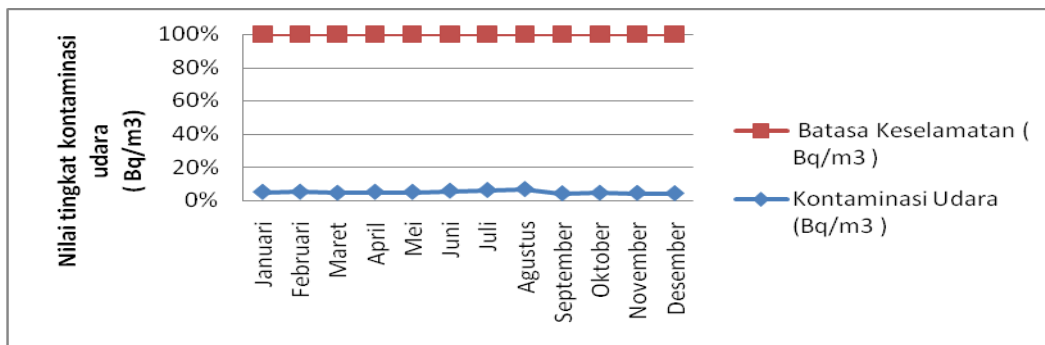
Gambar 5. Grafik hubungan antara tingkat kontaminasi permukaan di PCP dengan batasan keselamatan

Hasil sampling kontaminasi udara di area kerja FFL, dapat dilihat pada Gambar 6, dengan nilai tingkat kontaminasi tertinggi sebesar 3,359 Bq/m³ di posisi U5, dimana posisi pengambilan sampel udara di daerah gudang uranium/HR-04.



Gambar 6. Grafik hubungan antara tingkat kontaminasi udara di FFL dengan batasan keselamatan

Sedangkan hasil sampling kontaminasi udara di area PCP, dapat dilihat pada Gambar 7, dengan nilai tingkat kontaminasi tertinggi sebesar 0,148 Bq/m³, pada posisi HR-40.



Gambar 7. Grafik hubungan antara tingkat kontaminasi udara di PCP dengan batasan keselamatan

KESIMPULAN

Telah dilakukan evaluasi terhadap hasil sampling, pengukuran dan pencacahan unsur pada daerah radiasi dan kontaminasi di IEBE, selama kurun waktu 2016. Evaluasi dilakukan untuk membandingkan antara hasil sampling rutin pemantauan mingguan pada daerah kerja IEBE dengan kriteria yang telah ditetapkan yaitu batasan keselamatan dari badan regulasi (BAPETEN). Dalam rata-rata setahun pengukuran paparan radiasi dan pencacahan unsur untuk selanjutnya dirubah dalam tingkat kontaminasi, tidak ada nilai yang melebihi batasan keselamatan, sehingga bisa disimpulkan bahwa area kerja di IEBE aman bagi pekerja radiasi untuk melakukan kegiatan litbang bahan bakar nuklir.

DAFTAR PUSTAKA

1. Laporan Analisis Keselamatan IEBE Rev.7, No. Dok.: KK 20j09003, 2012.
2. Keputusan Kepala BAPETEN No. 04, Ketentuan Keselamatan Kerja Terhadap Radiasi, 2013.
3. *Workplace Monitoring for Radiation and Contamination, IAEA-PRTM-1, Vienna, 2004.*