

# EVALUASI KESELAMATAN TERHADAP KEGIATAN DI INSTALASI ELEMEN BAKAR EKSPERIMENTAL TAHUN 2017

Nur Tri Harjanto

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir

## ABSTRAK

Evaluasi keselamatan terhadap kegiatan di Instalasi Elemen Bakar Eksperimental (IEBE) tahun 2017 telah dilakukan. Tujuan dari kegiatan evaluasi ini adalah untuk mengetahui apakah kinerja keselamatan yang dilakukan telah memenuhi peraturan/standard yang berlaku dan juga untuk mendapatkan masukan guna peningkatan sistem keselamatan pada tahun-tahun mendatang. Penelitian dan pengembangan elemen bakar untuk reaktor daya yang dilakukan di Instalasi Elemen Bakar Eksperimental (IEBE) akan terus mengalami dinamika seiring dengan perkembangan teknologi PLTN dan kebijakan pemerintah dalam mempersiapkan adanya PLTN di Indonesia. Hal ini harus diikuti dengan peningkatan kinerja sistem keselamatan di IEBE. Evaluasi ini dilakukan secara rutin tiap tahun karena adanya potensi bahaya radiasi maupun non radiasi dalam kegiatan operasi IEBE. Potensi ini harus dicegah agar tidak terjadi insiden karena peralatan yang semakin tua, kondisi personil, juga adanya perubahan peraturan serta dinamika kegiatan itu sendiri. Metode yang dilakukan adalah dengan mengumpulkan data keselamatan yang meliputi perijinan instalasi dan personil, proteksi radiasi daerah kerja dan personil, serta lingkungan, peraturan/standard yang berlaku, kemudian mengevaluasi apakah data tersebut sesuai dengan peraturan dan standar keselamatan. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa laju paparan radiasi- $\gamma$  tertinggi 4,810  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$  di bawah batas yang diijinkan (25  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ ). Tingkat kontaminasi permukaan daerah tertinggi 0,159  $\text{Bq}/\text{cm}^2$ , di bawah batas yang diijinkan (3,7  $\text{Bq}/\text{cm}^2$ ). Tingkat keradioaktifan udara di daerah kerja IEBE tertinggi 3,111  $\text{Bq}/\text{cm}^3$  di bawah batas yang diijinkan (20  $\text{Bq}/\text{cm}^3$ ). Lepasannya keradioaktifan udara ke lingkungan dari cerobong (*stack*) IEBE 0,01  $\text{Bq}/\text{m}^3$  masih dibawah batas yang diijinkan (2  $\text{Bq}/\text{m}^3$ ). Dosis Ekuivalen Kulit (DEK) tercatat terbesar 0,12 mSv jauh dibawah NBD DEK pertahun (500mSv). Sedangkan Dosis Ekvivalen Seluruh Tubuh (DEST) sebesar 0,06 mSv jauh dibawah NBD DEST 20 mSv. Hasil dari pemantauan WBC th 2016 menunjukkan bahwa tidak terdeteksi (ttd) adanya radionuklida. Hasil analisa urine dosis terikat ( $H_E$ ) terpantau sebesar 0,01-0,04 mSv masih dibawah NBD  $H_E$  (20 mSv). IEBE telah melakukan latihan Penanggulangan Kedaruratan Nuklir yang mengacu pada Program Kesiapsiagaan Nuklir IEBE SOP No 004.009/KN 01 02/BBN. Untuk keselamatan instalasi pengoperasian IEBE telah memenuhi perijinan dan berlaku hingga tahun 2022.

**Kata Kunci** : Evaluasi, Keselamatan, IEBE

## PENDAHULUAN

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir memiliki dua instalasi penting yakni Instalasi Elemen Bakar Eksperimental (IEBE) dan Instalasi Radiometalurgi (IRM). Instalasi radiometalurgi adalah instalasi yang digunakan untuk uji pascairadiasi bahan bakar nuklir bekas dan bahan lainnya setelah keluar dari reaktor. Sedangkan IEBE adalah instalasi yang digunakan untuk melaksanakan pengembangan teknologi produksi bahan bakar reaktor daya, pengembangan teknologi bahan bakar reaktor riset, pengembangan bahan struktur dan dukung elemen bakar nuklir dan pengembangan teknologi daur ulang bahan bakar nuklir serta pemungutan gagal. IEBE didesain sedemikian rupa agar pengoperasian dapat berjalan dengan aman dan selamat dari bahaya radiasi dan

kontaminasi bahan radioaktif serta bahan kimia dan bahan berbahaya lainnya yang digunakan dalam proses operasi.<sup>[1]</sup>

IEBE terdiri atas fasilitas konversi *Pilot Conversion Plant* (PCP) dan fasilitas fabrikasi *Fuel Fabrication Laboratory* (FFL) yang didukung oleh Laboratorium Kendali Kualitas (LKK), sarana penunjang dan sistem keselamatan. PCP dirancang untuk menghasilkan serbuk  $UO_2$  dari *yellow cake* dan FFL dirancang untuk memproduksi perangkat elemen bakar tipe "*Heavy Water Reactor* (HWR)" dengan menggunakan bahan dasar serbuk  $UO_2$  alam. Namun demikian sesuai desain IEBE dirancang mampu untuk menangani U diperkaya sampai 5%.<sup>[1]</sup>

### **Latar belakang Masalah**

Lingkup evaluasi keselamatan yang dilakukan dalam makalah ini hanya untuk operasi di IEBE. Proses pembuatan bahan bakar nuklir, selain menggunakan bahan yang bersifat radioaktif (Isotop-isotop U merupakan bahan radioaktif), juga menggunakan bahan-bahan lain yang berbahaya dan beracun (B3). Dengan digunakannya bahan-bahan tersebut akan berpotensi mencederai (langsung maupun tidak langsung) personil bilamana tidak ditangani secara hati-hati dan tidak sesuai prosedur. Demikian juga halnya tempat/daerah kerja dan lingkungan dapat tercemar (terkontaminasi) oleh bahan-bahan tersebut sehingga dapat membahayakan personil yang berada di sekitarnya. Untuk pencegahan dari bahaya maka diperlukan sistem proteksinya, baik secara teknis maupun administratif. Secara teknis misalnya dengan desain fasilitas saat pembangunan yang mempertimbangkan segi keselamatan, pelaksanaan program pemantauan potensi bahaya, pengawasan (inspeksi/audit), penanggulangan bahaya dan lainnya. Secara administratif misalnya dari segi pemberlakuan peraturan/ketentuan keselamatan serta standar-standar yang relevan, organisasi pelaksana, prosedur-prosedur kerja yang harus dilaksanakan dan sebagainya. Dalam hal penggunaan bahan nuklir U yang bersifat radioaktif, potensi bahaya terhadap keselamatan radiasi merupakan sesuatu yang tidak dapat dihilangkan. Khususnya dengan dioperasikannya *PCP (Pilot Conversion Plant)* akan menimbulkan penggunaan bahan nuklir *Yellow Cake* dan limbah proses yang akan dihasilkan akan meningkat cukup banyak. Agar personil, daerah kerja dan lingkungan terhindar dari bahaya radiasi maka diperlukan sistem proteksi radiasi, baik yang didesain saat pembangunan fasilitas kerja (instalasi) maupun kegiatan yang harus dilaksanakan dalam operasi instalasi.

## **Tujuan Evaluasi Sistem Keselamatan**

Kegiatan evaluasi sistem keselamatan ini dilakukan untuk mengetahui kinerja keselamatan yang telah dilakukan telah memenuhi peraturan/standard yang berlaku dan juga untuk mendapatkan masukan guna peningkatan sistem keselamatan ditahun-tahun mendatang. Evaluasi harus dilakukan secara periodik karena dengan berjalannya waktu maka tentu banyak perubahan yang terjadi baik dalam operasi/proses, perubahan peraturan, dan juga standard keselamatan yang selalu berubah dan ditingkatkan. Dalam makalah ini, evaluasi dilakukan untuk kegiatan yang dilakukan tahun 2016.

## **METODOLOGI**

Metode yang dilakukan dalam evaluasi ini adalah :

1. Pengumpulan data perizinan yang meliputi Izin operasi, Izin personil PPR, Izin personil Bahan Nuklir, dan Izin Bekerja bagi Supervisor dan Operator.
2. Pengumpulan data Pemantauan yang meliputi Pemantauan daerah kerja, Pemantauan Personil Internal maupun Eksternal, dan Pemantauan Cerobong.
3. Pengumpulan Referensi dan Peraturan terkait batasan keselamatan dan operasi
4. Dilakukan evaluasi keselamatan baik secara administrasi maupun secara teknis.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dalam evaluasi ini akan dilakukan baik yang bersifat administrasi maupun teknis terhadap sistem keselamatan instalasi, personil/pekerja, masyarakat maupun lingkungan hidup disekitar kegiatan operasi IEBE.

### **Evaluasi Administrasi Sistem keselamatan IEBE**

Agar IEBE dapat beroperasi secara legal maka harus mendapatkan ijin dari Bapeten Ijin tersebut meliputi ijin operasi instalasi dan bahan nuklir yang digunakan. Hasil evaluasi diketahui bahwa Status perizinan instalasi dan bahan nuklir yang dikeluarkan oleh BAPETEN di lingkungan IEBE adalah sebagai berikut :

1. IZIN OPERASI INSTALASI NUKLIR untuk IEBE No. 477/IO/Ka-BAPETEN/25-X/2012 berlaku selama 10 tahun mulai tanggal 25 Oktober 2012 sampai dengan tanggal 24 Oktober 2022.
2. IZIN PEMANFAATAN BAHAN NUKLIR (IPBN) untuk tujuan :
  - a. Penelitian dan Pengembangan (Litbang) berlaku selama 3 tahun.
    - IPBN No. 505/IB/DPIBN /12-I/2016 dari BAPETEN berlaku terhitung mulai tanggal 12 Januari 2016 sampai dengan 11 Januari 2019.
    - IPBN No. 506/IB/DPIBN/12-I/2016 dari BAPETEN berlaku terhitung mulai

tanggal 12 Januari 2016 sampai dengan 11 Januari 2019.

- IPBN No. 501/IB/DPIBN/21-X/2016 dari BAPETEN untuk Thorium berlaku terhitung mulai tanggal 21 Oktober 2016 sampai dengan 21 Oktober 2018.
- IPBN No. 520/IB/DPIBN/21-X/2016 dari BAPETEN untuk Uranium diperkaya (< 20%) berlaku mulai tanggal 21 Oktober 2016 sampai dengan 20 Oktober 2019.

b. Penyimpanan berlaku selama 5 tahun

IPBN No. 252/IB/DPIBN/29-XI/2016 untuk *Yellow cake* milik PTBBN (hibah dari PT. Petro Kimia Gresik) yang disimpan di IPLR-PTLR berlaku terhitung mulai 29 Nopember 2016 sampai dengan 28 Nopember 2021.

Selain tersebut diatas sesuai Peraturan Kepala (Perka) BAPETEN No. 4 Tahun 2011 dan No. 6 Tahun 2016 bahwa setiap Pengurus maupun Pengawas Inventori Bahan Nuklir (PPIBN) diwajibkan memiliki Surat Izin Bekerja (SIB) yang dikeluarkan oleh BAPETEN.<sup>[2]</sup> Saat ini personil PTBBN yang bertugas sebagai PPIBN pada MBA RI-E termasuk seluruh KMP-nya telah secara resmi memiliki SIB sebagai PPIBN sebanyak 9 personil dengan masa berlaku hingga 29 Juni 2017 dan telah diperpanjang 28 Agustus 2021.

## **Evaluasi Teknis Sistem Keselamatan di IEBE**

### **a. Pemantauan Daerah Kerja**

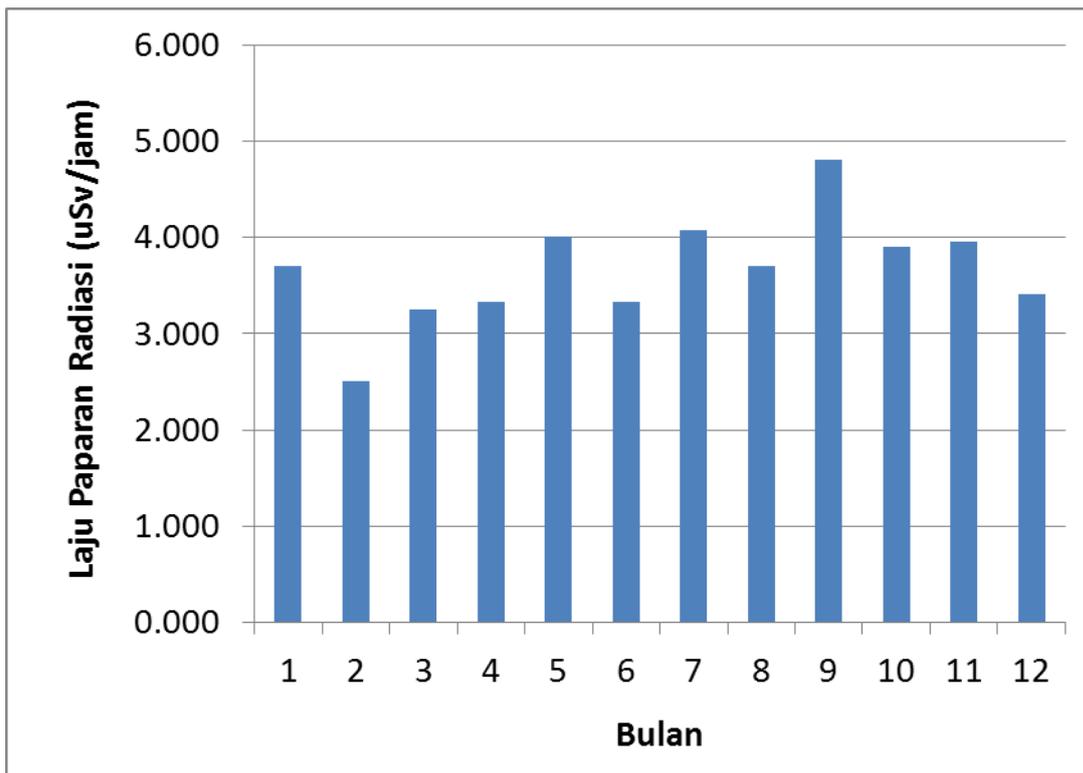
#### **a.1. Laju Paparan Radiasi Daerah Kerja**

Pemantauan paparan radiasi- $\gamma$  dilakukan di daerah kerja yang berpotensi terhadap bahaya radiasi, yaitu daerah kerja yang terdapat sumber radiasi (zat radioaktif dan bahan nuklir).

Pemantauan di IEBE dilakukan di HR-22, HR-23, HR-24, HR-25, HR-05 dan Gudang Uranium (HR-04). Pemantauan dilakukan terutama terhadap tingkat paparan di meja kerja (MK) di ruangan tersebut atau lokasi penempatan/penyimpanan Uranium. Pemantauan di koridor IEBE juga dilakukan. Hasil pemantauan paparan radiasi daerah kerja IEBE tertinggi perbulan pada tahun 2017 ditunjukkan pada Table 1 dan Gambar 1.

Tabel 1. Laju Paparan Radiasi- $\gamma$  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 05 GB 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	<b>2,510</b>	<b>3,250</b>	<b>3,330</b>	<b>4,010</b>	0,340	3,700	2,590	<b>4,810</b>	2,930	<b>3,960</b>	<b>3,411</b>
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	<b>3,700</b>	2,150	2,300	2,960	3,100	<b>3,330</b>	<b>4,070</b>	<b>3,700</b>	3,700	<b>3,900</b>	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												



Gambar 1. Laju paparan tertinggi daerah kerja IEBE Tahun 2017

Hasil pemantauan mingguan selama tahun 2017 menunjukkan bahwa laju paparan radiasi- $\gamma$  tertinggi di daerah kerja IEBE sebesar  $4,810\mu\text{Sv/jam}$  pada bulan September di Meja kerja B Ruang HR-05. Pantauan ini masih jauh di bawah batas yang diijinkan, yaitu dibawah  $25\mu\text{Sv/jam}$ .<sup>[2]</sup> 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- $\gamma$  di HR-05 (di daerah meja kerja) karena terdapat tumpukan pelet-pelet  $\text{UO}_2$  yang dalam proses pengerjaan. Adapun di ruangan lainnya hampir mendekati *background*.

### a.2. Kontaminasi Permukaan Daerah Kerja

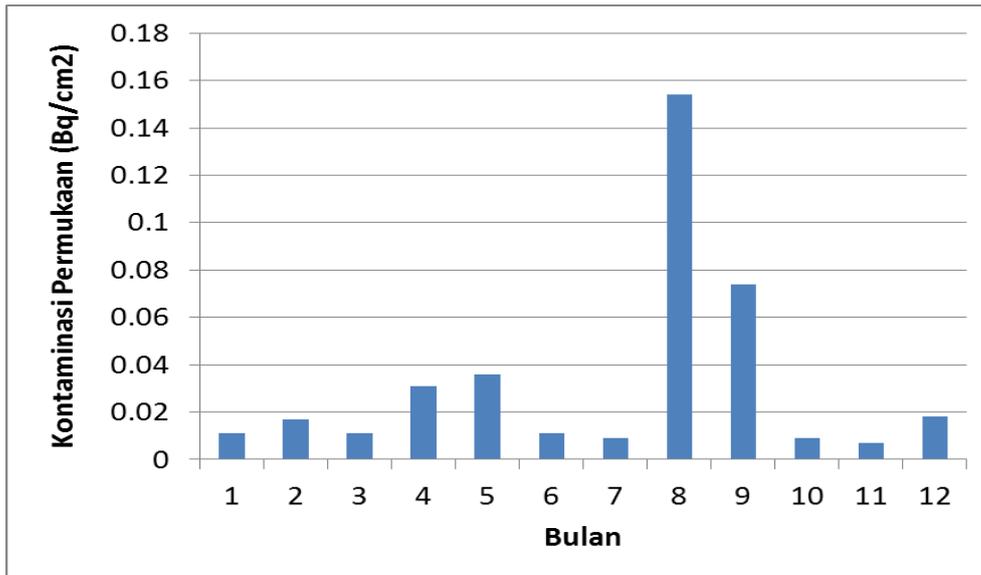
Pemantauan kontaminasi permukaan dilakukan di daerah kerja yang berpotensi terjadinya kontaminasi. Pemantauan di IEBE dilakukan di ruang yang berpotensi terjadinya kontaminasi Uranium, yaitu Ruang Peletisasi (HR-05), Gudang Uranium (HR-04), Ruang Uji Metalografi (HR-22), Ruang Uji Fisika Kimia (HR-23), dan Ruang Kimia Analisis (HR-24) yang kemungkinan terkontaminasi dari percikan larutan.

Hasil pemantauan kontaminasi permukaan daerah kerja IEBE tertinggi Tahun 2017 ditunjukkan pada Tabel 2 dan Gambar 2.

Tabel 2. Tingkat Kontaminasi Permukaan (Bq/cm<sup>2</sup>) Daerah Kerja Tertinggi IEBE Tahun 2017

Ruang/ Posisi	Bulan ke :											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	$\alpha$	$\alpha$	$\alpha$	$\alpha$	$\alpha$	$\alpha$	$\alpha$	$\alpha$	$\alpha$	$\alpha$	$\alpha$	$\alpha$
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	<b>0,154</b>	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 pantau mingguan, diperoleh hasil bahwa tingkat kontaminasi tertinggi terdapat di lokasi meja kerja A HR-05 sebesar 0,154 Bq/cm<sup>2</sup> ( $\alpha$ ) dan terjadi pada bulan Agustus. Secara umum masih jauh di bawah batas yang diijinkan yakni 3,7 Bq/cm<sup>2</sup> ( $\alpha$ ).<sup>[3]</sup>



Gambar 2. Kontaminasi permukaan tertinggi daerah kerja IEBC Tahun 2017

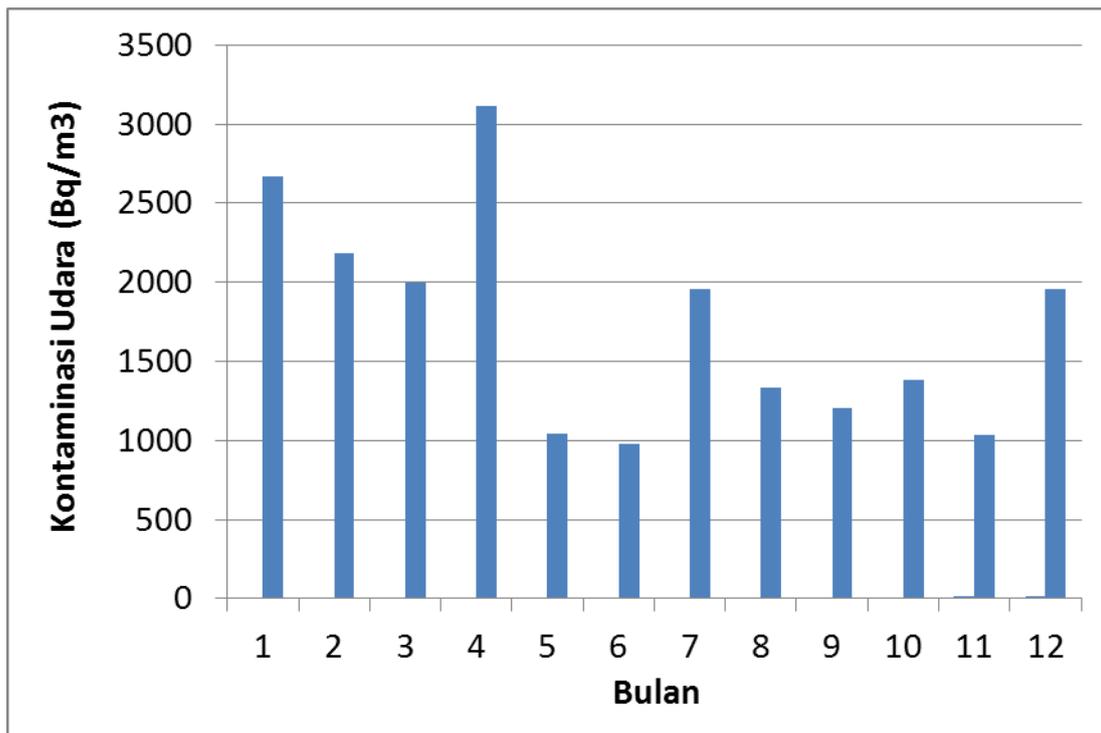
### Tingkat Keradioaktifan Udara Daerah Kerja

Pemantauan keradioaktifan udara di ruangan kerja dilakukan di daerah yang berpotensi terhadap bahaya kontaminasi (daerah kerja yang menangani Uranium dalam bentuk serbuk).

Pemantauan di IEBC dilakukan 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. Hasil pemantauan tingkat keradioaktifan udara tertinggi daerah kerja IEBC tahun 2017 ditunjukkan pada Tabel 3 dan Gambar 3.

Tabel 3. Tingkat Keradioaktifan (Bq/m<sup>3</sup>) Udara Tertinggi Daerah Kerja IEBC Tahun 2017

Ruang / Posisi	Bulan Ke :											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	$\alpha$	$\alpha$	A	$\alpha$	$\alpha$	$\alpha$	$\alpha$	$\alpha$	$\alpha$	$\alpha$	$\alpha$	$\alpha$
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	<b>3,111</b>	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)				
Radioaktivitas udara	Background			$\leq 2 \text{ Bq/m}^3(\alpha)$				$\leq 20 \text{ Bq/m}^3(\alpha)$				



Gambar 3. Tingkat Keradioaktifan Udara Tertinggi Daerah Kerja IEBE Tahun 2017

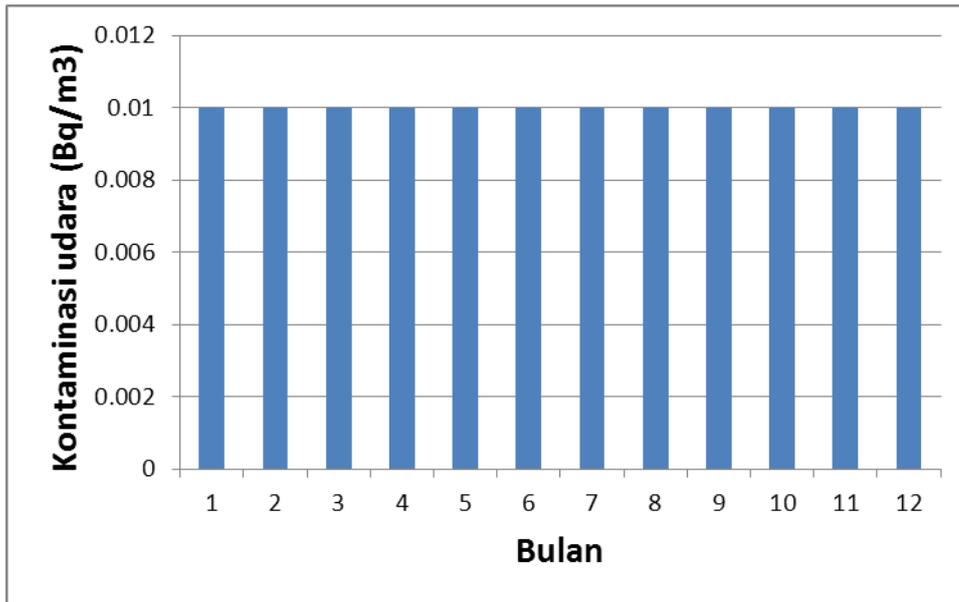
Berdasarkan data pantauan di atas, tingkat keradioaktifan udara di daerah kerja IEBE masih jauh di bawah batas yang diijinkan, yaitu dibawah 20 Bq/cm<sup>3</sup>. Tingkatkeradioaktifan udara tertinggi terjadi pada bulan April yakni sebesar 3,111 Bq/cm<sup>3</sup>. Catatan: Mengingat di IEBE sumber radiasinya berasal dari Uranium maka potensi bahaya radiasi interna adalah keradioaktifan - $\alpha$  sehingga untuk keradioaktifan - $\beta$  tidak diukur.

#### b. Pemantauan Tingkat Keradioaktifan Udara Buang

Pemantauan keradioaktifan udara buang IEBE dilakukan di cerobong (*stack*), Hasil pemantauan tingkat keradioaktifan udara buang IEBE periode Januari – Desember 2017 ditunjukkan pada Tabel 4 dan Gambar 4.

Tabel 4 : Tingkat Keradioaktifan Udara Buang (*Stack*)(Bq/m<sup>3</sup>) IEBE Tahun2017

Keradioaktifan	Bulan ke/ Radioaktivitas (Bq/m <sup>3</sup> )											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	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 Bq/m <sup>3</sup> ( $\alpha$ )											



Gambar 4. Radioaktivitas Udara Buang Tertinggi IEBE selama Tahun 2017

Dari data pemantauan terlihat bahwa lepasan keradioaktifan udara ke lingkungan dari cerobong (*stack*) IEBE sangat kecil yakni sebesar 0,01 Bq/m<sup>3</sup> ( $\alpha$ ) sepanjang tahun 2017. Hal ini masih jauh di bawah batas yang diizinkan, yaitu dibawah 2 Bq/m<sup>3</sup> ( $\alpha$ ).<sup>[4]</sup>

Dari hasil pemantauan kontaminasi dan paparan secara keseluruhan menunjukkan bahwa kegiatan operasi IEBE selama tahun 2017 tidak memiliki dampak radiologi yang signifikan (dalam batas aman).

**c. Data dosis Pekerja Radiasi**

Pemantauan dosis radiasi untuk pekerja radiasi dilakukan terhadap dosis radiasi eksterna dan interna. Pemantauan dosis eksterna dari paparan radiasi di daerah kerja dilakukan juga terhadap pengunjung yang memasuki instalasi nuklir IEBE. Hasil pemantauan didokumentasikan ke dalam Kartu Dosis untuk setiap pekerja radiasi.

Pada periode pemantauan 2017 telah digunakan TLD personil pekerja radiasi sebanyak 51 untuk BFBBN. TLD ini diberi kode warna berupa TLD seri-B untuk pemakaian Januari s/d Maret 2017, dan 50 TLD seri-A untuk periode April s/d Juni 2017 dan digunakan secara bergantian pada setiap triwulan berikutnya.

Hasil pemantauan dosis radiasi eksternal dalam bentuk Dosis Ekuivalen Kulit (DEK) atau Hp(0,07) dan dosis Ekuivalen Seluruh Tubuh (DEST) atau Hp(10). Hasil pembacaan TLD seri B dan seri A untuk BFBBN menunjukkan bahwa nilai tertinggi untuk DEK sebesar 0,11 mSv dan terjadi pada Triwulan I dan nilai tertinggi untuk DEST sebesar 0,06 dan juga pada Triwulan I. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada personil yang menerima

dosis eksterna melebihi NBD yang diperkenankan yakni DEK = 500 mSv/tahun dan untuk DEST = 20 mSv/tahun.

Tabel 5. Hasil pembacaan TLD

TW	TLD TERDETEKSI	Dosis Ekuivalen Seluruh Tubuh DEST [Hp-10] (mSv)	Dosis Ekuivalen Kulit DEK [Hp-0,07] (mSv)
I	10	0 - 0,06	0,03 - 0,11
II	7	0 - 0,03	0,03 - 0,04
III	11	0 - 0,05	0,03 - 0,12
IV	2	Ttd	0,04

Pemantauan dosis radiasi interna dilakukan secara in-vivo dan in-vitro, khususnya dilakukan terhadap pekerja radiasi yang berpotensi menerima dosis interna atau yang bekerja di daerah kontaminasi. Pemantauan dosis radiasi secara in-vivo dilakukan melalui pengukuran cacah radiasi menggunakan alat *Whole Body Counter* (WBC), sedangkan secara in-vitro dengan menganalisis urine pekerja radiasi. Kedua metoda pemantauan dosis interna tersebut dilaksanakan di PPIKSN dengan mengirim pekerja radiasi ke fasilitas WBC dan cuplikan urine. Hasil dari pemantauan WBC th 2017 menunjukkan bahwa tidak terdeteksi adanya radionuklida, sedangkan hasil analisa urine pada tahun 2017 dosis terikat ( $H_E$ ) terpantau sebesar 0,01-0,04mSv dan ini masih dibawah NBD  $H_E$  sebesar 20 mSv.

#### d. Latihan Kedaruratan Nuklir

Pada tahun 2017 IEBE telah melakukan latihan Penanggulangan Kedaruratan Nuklir pada tanggal 14 Desember 2017. Penanggulangan Kedaruratan Nuklir di IEBE mengacu kepada Program Kesiapsiagaan Nuklir IEBE SOP No 004.009/KN 01 02 /BBN 5. Untuk penanggulangan kedaruratan tingkat Kawasan Nuklir Serpong digunakan Buku Pedoman Umum Kesiapsiagaan Nuklir Tingkat PPTN - Serpong di Kawasan Puspipstek, Revisi 2, Maret 2003.

#### KESIMPULAN

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa laju paparan radiasi- $\gamma$  tertinggi 4,810 $\mu$ Sv/jam di bawah batas yang diijinkan (25  $\mu$ Sv/jam). Tingkat kontaminasi permukaan daerah tertinggi 0,154Bq/cm<sup>2</sup>, di bawah batas yang diizinkan, (3,7 Bq/cm<sup>2</sup>). Tingkat keradioaktifan udara di daerah kerja IEBE tertinggi 3,111Bq/cm<sup>3</sup> di bawah batas yang diizinkan, (20 Bq/cm<sup>3</sup>). Lepasannya keradioaktifan udara ke lingkungan dari cerobong (*stack*) IEBE 0,01

Bq/m<sup>3</sup> masih dibawah batas yang diizinkan (2 Bq/m<sup>3</sup>). Dosis Ekuivalen Kulit (DEK) sebesar: 0,06 mSv dan DEST sebesar 0,11 mSv. Jauh dibawah ambang batas DEK/DEST: 500 mSv /20 mSv. Hasil dari pemantauan WBC th2017 menunjukkan bahwa tidak terdetek (ttt) adanya radionuklida. Hasil analisa urine dosis terikat (H<sub>E</sub>) terpantau sebesar 0,01-0,04 mSv masih dibawah NBD H<sub>E</sub> (20 mSv). Secara keseluruhan menunjukkan bahwa kegiatan operasi IEBE selama tahun 2017 tidak memiliki dampak radiologi yang signifikan (dalam batas aman). IEBE telah melakukan latihan Penanggulangan Kedaruratan Nuklir dan mengacu pada Program Kesiapsiagaan Nuklir IEBE SOP No. 004.009/KN 01 02/BBN. Pengoperasian IEBE telah memenuhi persyaratan perijinan dan berlaku hingga 2022.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

1. PTBBN, Laporan Analisis Keselamatan IEBE, No. Dok. KK32 J09 002 Rev. 7, 2012.
2. Peraturan Kepala BAPETEN No. 4 Tahun 2013, tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi Dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir.
3. Peraturan Kepala BAPETEN No. 4 Tahun 2014, tentang Batasan dan Kondisi Operasi Instalasi Nuklir Non Reaktor.
4. Peraturan Kepala BAPETEN No. 6 Tahun 2016 tentang Keamanan Sumber radioaktif.
5. Peraturan Kepala BAPETEN No. 7 Tahun 2013, tentang Nilai batas radioaktivitas Lingkungan.
6. PTBBN, Program Jaminan Mutu Terintegrasi No. Dok. JM 01 002.
7. PTBBN, Laporan Triwulan I – IV BKKABN, 2017