

EVALUASI TERHADAP KEGIATAN DI INSTALASI ELEMEN BAKAR EKSPERIMENTAL DALAM RANGKA PENINGKATAN KINERJA SISTEM KESELAMATAN

Nur Tri Harjanto, Arnik Charleni P.

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir

ABSTRAK

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, sehingga perlu dilakukan evaluasi terhadap kinerja keselamatan selama ini. Evaluasi ini dilakukan 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. 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 ditahun-tahun mendatang. 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- γ tertinggi $5,023\mu\text{Sv}/\text{jam}$ di bawah batas yang diijinkan($25\mu\text{Sv}/\text{jam}$). Tingkat kontaminasi permukaan daerah tertinggi $0,228\text{ Bq}/\text{cm}^2$, di bawah batas yang diijinkan,($3,7\text{ Bq}/\text{cm}^2$). Tingkat keradioaktifan udara di daerah kerja IEBE tertinggi $3,110\text{ Bq}/\text{cm}^3$ di bawah batas yang diijinkan,($20\text{ Bq}/\text{cm}^3$). Lepasan keradioaktifan udara ke lingkungan dari cerobong (*stack*) IEBE $0,02\text{ Bq}/\text{m}^3$ masih di bawah batas yang diijinkan($2\text{ Bq}/\text{m}^3$). Dosis Ekuivalen Kulit (DEK) sebesar $0,03 - 0,17\text{ mSv}$ jauh di bawah NBD DEK pertahun (500mSv). Hasil dari pemantauan WBC th 2016 menunjukkan bahwa tidak terdetek (ttd) adanya radionuklida. Hasil analisa urine dosis terikat (H_E) terpantau sebesar $0,01-0,05\text{ mSv}$ masih di bawah 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 2022.

Kata Kunci : Evaluasi, Keselamatan, IEBE

PENDAHULUAN

Instalasi Elemen Bakar Eksperimental adalah instalasi yang dimiliki oleh Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBBN) 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 gagalan. IEBE didesain sedemikian rupa agar pengoperasian dapat berjalan dengan aman dan selamat dari bahaya radiasi dan kontaminasi bahan radioaktif, bahan kimia dan bahan berbahaya lainnya yang digunakan dalam proses operasi.^[1]

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 UO₂ dari *yellow cake* dan FFL dirancang untuk memproduksi

perangkat elemen bakar tipe “*Heavy Water Reactor (HWR)*” dengan menggunakan bahan dasar serbuk UO₂ alam. Namun demikian sesuai desain IEBE dirancang mampu untuk menangani U diperkaya sampai 5%^[1].

Latar Belakang Masalah

Proses pembuatan bahan bakar nuklir seperti yang dilakukan di IEBE, 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.
 - b. IPBN No. 446/IB/Ka-BAPETEN/11-I/2013 (Lampiran 1 Rev.2 tanggal 24 Juni 2016) untuk Uranium alam berlaku terhitung mulai tanggal 16 Januari 2013 sampai dengan 15 Januari 2016, telah diperpanjang dengan izin baru IPBN No. 505/IB/DPIBN /12-I/2016 dari BAPETEN berlaku terhitung mulai tanggal 12 Januari 2016 sampai dengan 11 Januari 2019.
 - c. IPBN No. 447/IB/Ka-BAPETEN/11-I/2013 (Lampiran 1 Rev.2 tanggal 24 Juni 2016) untuk Uranium deplesi berlaku terhitung mulai tanggal 16 Januari 2013 sampai dengan 15 Januari 2016 telah diperpanjang dengan izin baru IPBN No. 506/IB/DPIBN/12-I/2016 dari BAPETEN berlaku terhitung mulai tanggal 12 Januari 2016 sampai dengan 11 Januari 2019.
 - d. Telah diterima IPBN No. 501/IB/DPIBN/21-X/2016 dari BAPETEN untuk Thorium berlaku terhitung mulai tanggal 21 Oktober 2016 sampai dengan 21 Oktober 2018.

- e. IPBN No. 467/IB/Ka-BAPETEN/21-X/2013 (lampiran 1 Rev.1 tanggal 24 Juni 2016) untuk Uranium diperkaya (< 20%) berlaku mulai tanggal 21 Oktober 2013 sampai dengan 20 Oktober 2016 telah diperpanjang dengan izin baru 2016 sampai dengan IPBN No. 520/IB/DPIBN/21-X/2016 berlaku mulai tanggal 21 Oktober 2016 sampai dengan 20 Oktober 2019.
- f. Penyimpanan berlaku selama 5 tahun. IPBN No. 417/IB/DPIBN/23-XI/2011 untuk *Yellow cake* milik PTBBN (hibah dari PT. Petro Kimia Gresik) yang disimpan di IPLR-PTLR berlaku terhitung mulai 23 Nopember 2011 sampai dengan 22 Nopember 2016.

Selain tersebut di atas 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.^[2] 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.

Evaluasi Teknis Sistem Keselamatan di IEBE

A. Pemantauan Daerah Kerja

Laju Paparan Radiasi Daerah Kerja

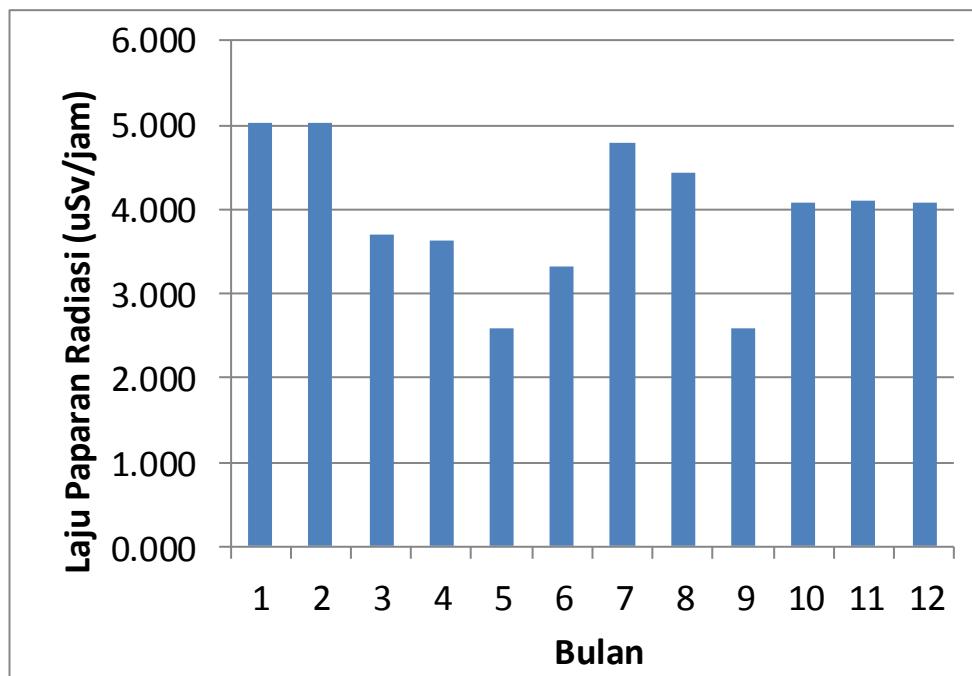
Pemantauan paparan radiasi- γ dilakukan di daerah kerja yang berpotensi terhadap bahaya radiasi, yaitu daerah kerja yang terdapat sumber radiasi (zat radioaktif dan bahan nuklir).

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 2016 ditunjukkan pada Tabel 1 dan Gambar 1.

Tabel 1. Laju Paparan Radiasi- γ Tertinggi ($\mu\text{Sv}/\text{jam}$) Daerah Kerja IEBE Tahun 2016

Ruang / Posisi	B u l a n K e :											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
HR 05 GB A	0,356	0,297	0,310	0,328	0,291	0,299	0,296	0,388	0,318	0,252	0,359	0,230
GB B	0,433	0,433	0,382	0,384	0,288	0,353	0,276	0,365	0,341	0,326	0,331	0,316
GB C	0,318	0,340	0,295	0,420	0,315	0,336	0,325	0,299	0,297	0,289	0,315	0,314
MK A	0,232	2,640	0,256	0,298	0,220	0,616	0,249	0,455	0,406	0,269	0,508	0,361
MK B	4,810	5,023	3,700	3,620	2,590	3,330	4,800	4,440	2,590	4,070	4,100	4,070

MK C	0,185	0,191	0,127	0,131	0,183	0,195	0,152	0,214	0,125	0,297	0,137	0,203
TS 1	0,169	0,122	0,141	0,131	0,199	0,185	0,171	0,133	0,120	0,126	0,138	0,188
TS 2	0,179	0,144	0,158	0,131	0,156	0,152	0,160	0,128	0,153	0,196	0,179	0,214
TR	0,162	0,196	0,310	0,171	0,182	0,184	0,114	0,123	0,133	0,165	0,115	0,135
HR 04 X	3,330	2,590	3,700	2,900	4,070	2,950	2,590	2,960	3,100	2,220	3,330	2,840
HR 22 A	0,164	0,118	0,200	0,110	0,129	0,124	0,128	0,183	0,137	0,137	0,102	0,162
HR 23 B	0,255	0,151	0,153	0,160	0,167	0,202	0,138	0,190	0,174	0,162	0,154	0,283
HR 24 C	0,350	0,250	0,297	0,302	0,341	0,255	0,273	0,280	0,236	0,277	0,227	0,310
HR 25 D	0,128	0,125	0,120	0,118	0,118	0,154	0,111	0,280	0,127	0,245	0,123	0,144
Satuan $\mu\text{Sv}/\text{jam}$, Batas Laju Paparan Radiasi Yang Dijijinkan $\leq 25 \mu\text{Sv}/\text{jam}$												
GB: Glovebox FH: Fumehood MK: Meja Kerja A/B/C : Lokasi Pantau A/B/C												



Gambar 1. Laju paparan tertinggi daerah kerja IEBE Tahun 2016

Hasil pemantauan mingguan selama tahun 2016 menunjukkan bahwa laju paparan radiasi- γ tertinggi di daerah kerja IEBE sebesar $5,023 \mu\text{Sv}/\text{jam}$ pada bulan Februari masih jauh di bawah batas yang diijinkan, yaitu di bawah $25 \mu\text{Sv}/\text{jam}$.^[2] Hal ini menunjukkan bahwa pada bulan Februari 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- γ di HR-05 (di daerah meja kerja) karena terdapat tumpukan pelet-pelet UO₂ yang dalam proses penggeraan. Adapun di ruangan lainnya hampir mendekati *background*.

Kontaminasi Permukaan Daerah Kerja

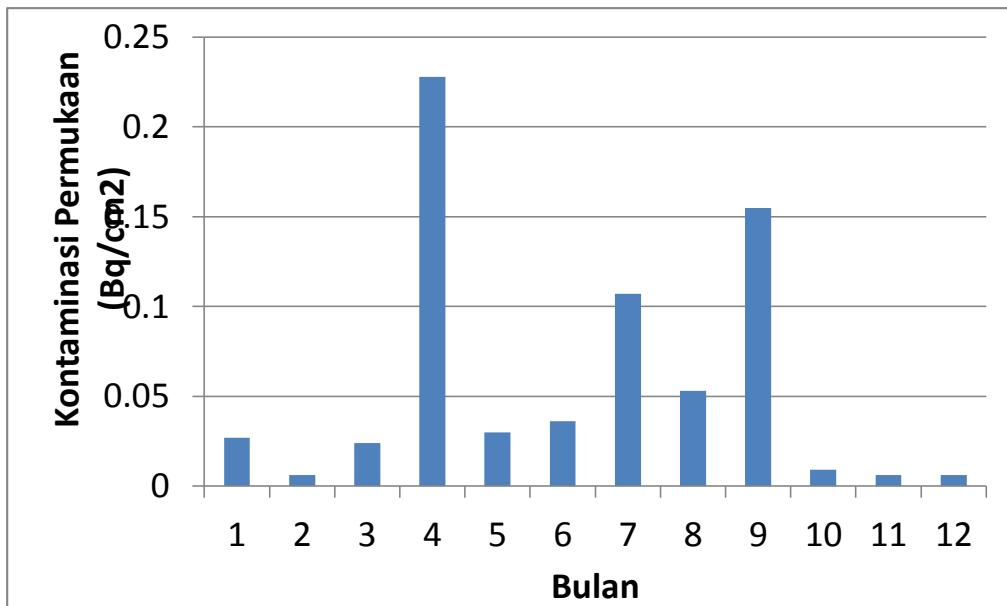
Pemantauan kontaminasi permukaan dilakukan di daerah kerja yang berpotensi terjadinya kontaminasi. Pemantauan di IEBE dilakukan di ruang yang berpotensi terjadinya kontaminasi Uranium, yaitu Ruang Peletisasi (HR-05), Gudang Uranium (HR-04), Ruang Uji Metalografi (HR-22), Ruang Uji Fisika Kimia (HR-23),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

Hasil pemantauan kontaminasi permukaan daerah kerja IEBE tertinggi Tahun 2016 ditunjukkan pada Tabel 2 dan Gambar 2.

Tabel 2. Tingkat Kontaminasi Permukaan (Bq/cm²) Daerah Kerja Tertinggi IEBE
Tahun 2016

Ruang/ Posisi	B u l a n k e :											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	α	A	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
HR 05 GB A	0,004	0,007	0,014	0,009	0,009	0,008	0,018	0,010	0,009	0,010	0,007	0,005
GB B	0,008	0,003	0,021	0,015	0,026	0,019	0,014	0,010	0,009	0,015	0,009	0,009
GB C	0,007	0,001	0,008	0,015	0,010	0,007	0,009	0,011	0,007	0,011	0,008	0,007
MK A	0,027	0,006	0,024	0,228	0,030	0,036	0,107	0,053	0,155	0,009	0,006	0,006
MK B	0,005	0,003	0,011	0,012	0,023	0,021	0,011	0,013	0,027	0,021	0,009	0,010
MK C	0,002	0,004	0,011	0,006	0,013	0,017	0,010	0,016	0,011	0,012	0,008	0,005
TS 1	0,000	0,006	0,012	0,004	0,010	0,008	0,004	0,006	0,009	0,005	0,008	0,008
TS 2	0,003	0,003	0,010	0,007	0,006	0,005	0,006	0,005	0,006	0,008	0,004	0,004
TR	0,002	0,007	0,018	0,010	0,008	0,008	0,007	0,009	0,004	0,005	0,004	0,004
HR 04 X	0,006	0,006	0,013	0,021	0,020	0,029	0,007	0,016	0,019	0,011	0,009	0,009
HR 22 A	0,000	0,000	0,005	0,002	0,007	0,008	0,005	0,005	0,006	0,003	0,004	0,006
HR 23 B	0,003	0,002	0,010	0,001	0,004	0,002	0,028	0,021	0,005	0,003	0,005	0,005
HR 24 C	0,005	0,003	0,074	0,002	0,004	0,013	0,005	0,010	0,009	0,004	0,004	0,007
HR 25 D	0,001	0,001	0,010	0,004	0,008	0,004	0,007	0,007	0,004	0,005	0,003	0,004
Batasan (MPC)	Daerah tidak aktif (zona I)			Daerah Radiasi rendah (zona II)				Daerah radiasi sedang (zona III)				
Radioaktivitas permukaan	Background			$\leq 0,37 \text{ Bq}/\text{cm}^2(\alpha)$				$\leq 3,7 \text{ Bq}/\text{cm}^2(\alpha)$				
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 0,228 Bq/cm² (α), dan terjadi pada bulan April. Secara umum masih jauh di bawah batas yang diijinkan yakni 3,7 Bq/cm² (α).^[3]



Gambar 2. Kontaminasi permukaan tertinggi daerah kerja IEBE Tahun 2016

Tingkat Keradioaktifan Udara Daerah Kerja

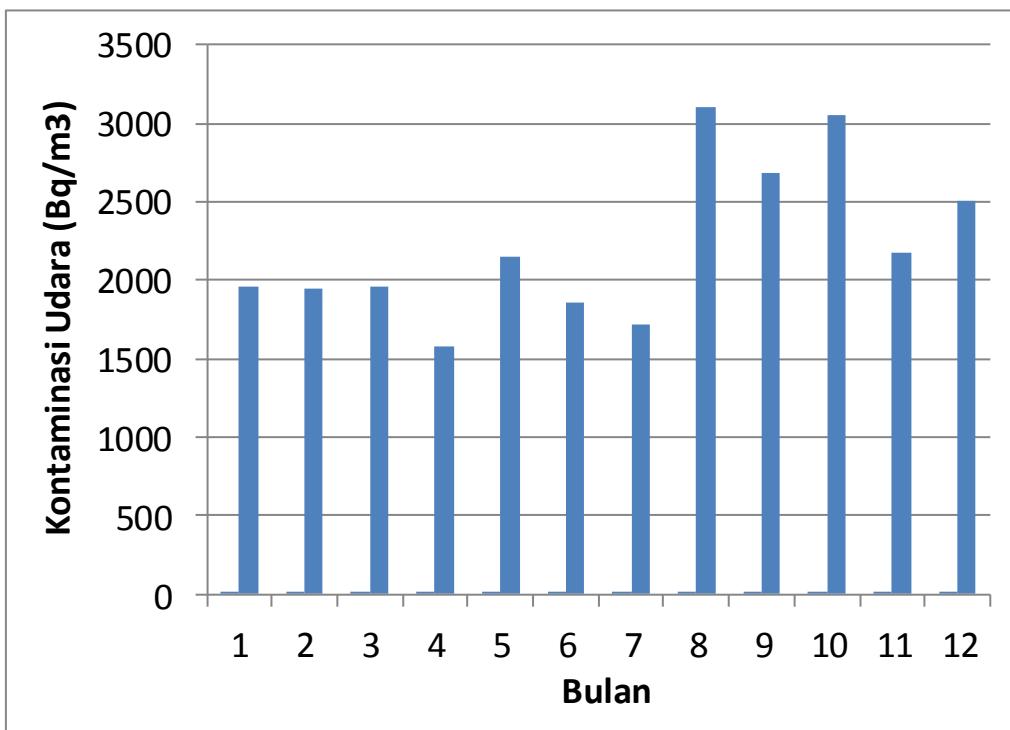
Pemantauan keradioaktifan udara di ruangan kerja dilakukan di daerah yang berpotensi terhadap bahaya kontaminasi (daerah kerja yang menangani Uranium dalam bentuk serbuk).

Pemantauan di IEBE 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 IEBE tahun 2016 ditunjukkan pada Tabel 3 dan gambar 3.

Tabel 3. Tingkat Keradioaktifan (Bq/m^3) Udara Tertinggi Daerah Kerja IEBE Tahun 2016

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	1,360	1,675	1,103	1,561	1,782	0,984	0,827	2,033	2,741	2,332	1,495	2,492
	U2	1,211	1,614	0,991	1,298	1,401	0,984	1,017	1,854	2,103	1,964	1,246	2,312
	U3	0,991	1,228	1,227	2,293	1,410	0,621	0,718	1,804	1,645	1,834	1,296	2,183
	U4	1,203	1,500	0,992	1,088	1,498	0,594	0,638	2,043	1,306	1,645	0,887	2,133
HR 04	U5	1,956	1,947	1,963	1,579	2,146	1,862	1,724	3,110	2,681	3,060	2,183	2,502
HR 08		0,000	0,010	0,761	0,750	0,980	0,215	0,411	0,688	0,856	0,980	0,680	0,947
Batasan (MPC)		Daerah tidak aktif (zona I)				Daerah Radiasi rendah (zona II)				Daerah radiasi sedang (zona III)			
Radioaktivitas udara		Background				$\leq 2 \text{ Bq}/\text{m}^3(\alpha)$				$\leq 20 \text{ Bq}/\text{m}^3(\alpha)$			



Gambar 3. Tingkat Keradioaktifan Udara Tertinggi Daerah Kerja IEBE Tahun 2016

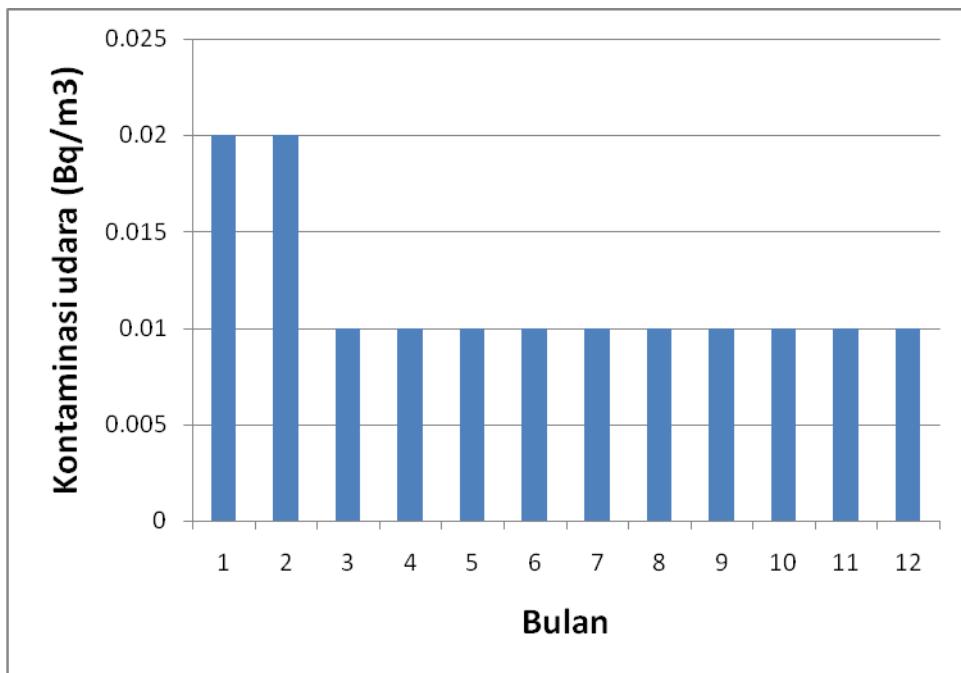
Berdasarkan data pantauan di atas, tingkat keradioaktifan udara di daerah kerja IEBE masih jauh di bawah batas yang diijinkan, yaitu di bawah 20 Bq/cm^3 . Tingkat keradioaktifan udara tertinggi terjadi pada bulan Agustus yakni sebesar $3,110 \text{ Bq/cm}^3$. Catatan: Mengingat di IEBE sumber radiasinya 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 s.d Desember 2016 ditunjukkan pada Tabel 4 dan Gambar 4.

Tabel 4. Tingkat Keradioaktifan Udara Buang (*Stack*) (Bq/m^3) IEBE Tahun 2016

Keradioaktifan	Bulan ke/ Radioaktivitas (Bq/m^3)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
α	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Batasan (MPC)	$2 \text{ Bq}/\text{m}^3(\alpha)$											



Gambar 4. Radioaktivitas Udara Buang Tertinggi IEBE selama Tahun 2016

Dari data pemantauan terlihat bahwa lepasan keradioaktifan udara ke lingkungan dari cerobong (*stack*) IEBE sangat kecil yakni sebesar $0,02 \text{ Bq}/\text{m}^3$ (α) terjadi pada bulan Januari s.d Februari. Hal ini masih jauh di bawah batas yang diizinkan, yaitu di bawah $2 \text{ Bq}/\text{m}^3$ (α).^[4]

Dari hasil pemantauan kontaminasi dan paparan secara keseluruhan menunjukkan bahwa kegiatan operasi IEBE selama tahun 2016 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 2016 telah digunakan TLD personil pekerja radiasi sebanyak 50 untuk BFBBN. TLD ini diberi kode warna berupa TLD seri-B untuk pemakaian Januari s/d Maret 2016, dan 50 TLD seri-A untuk periode April s/d Juni 2016 dan digunakan secara bergantian pada setiap triwulan berikutnya.

Hasil pemantauan dosis radiasi eksternal dalam bentuk Dosis Ekuivalen Kulit (DEK) atau $\text{Hp}(0,07)$ dan dosis Ekuivalen Seluruh Tubuh (DEST) atau $\text{Hp}(10)$. Hasil pembacaan TLD seri B dan seri A untuk BFBBN menunjukkan bahwa nilai tertinggi untuk DEK sebesar $0,08 \text{ mSv}$ dan terjadi pada Triwulan I dan nilai tertinggi untuk DEST

sebesar 0,17 dan juga pada Triwulan I. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada personil yang menerima dosis eksterna melebihi NBD yang diperkenankan yakni DEK = 50 mSv dan untuk DEST = 20 mSv

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 - 0,08	0,03 - 0,17
II	15	0 - 0,05	0,03 - 0,16
III	9	0,03 - 0,07	0,03 – 0,011
IV	1	ttd	0,03

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 PTLR dengan mengirim pekerja radiasi ke fasilitas WBC dan cuplikan urine. Hasil dari pemantauan WBC th 2016 menunjukkan bahwa tidak terdeteksi adanya radionuklida, sedangkan hasil analisa urine pada tahun 2016 dosis terikat (H_E) terpantau sebesar 0,01-0,05 mSv dan ini masih di bawah NBD H_E sebesar 20 mSv.

D. Latihan Kedaruratan Nuklir

Pada tahun 2016 IEBE telah melakukan latihan Penanggulangan Kedaruratan Nuklir pada tanggal 14 Desember 2016. 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 Puspiptek, Revisi 2, Maret 2003.

KESIMPULAN

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa laju paparan radiasi- γ tertinggi 5,023 μ Sv/jam di bawah batas yang diijinkan (25 μ Sv/jam). Tingkat kontaminasi permukaan daerah tertinggi 0,228 Bq/cm², di bawah batas yang diizinkan, (3,7 Bq/cm²). Tingkat keradioaktifan udara di daerah kerja IEBE tertinggi 3,110 Bq/cm³ di bawah batas yang

diizinkan, (20 Bq/cm^3). Lepasan keradioaktifan udara ke lingkungan dari cerobong (*stack*) IEBE $0,02 \text{ Bq/m}^3$ masih di bawah batas yang diizinkan (2 Bq/m^3). Dosis Ekuivalen Kulit (DEK) sebesar: 0,03 sampai 0,17 mSv dan DEST sebesar 0,03 sampai 0,08 mSv. Jauh di bawah ambang batas DEK/DEST: 500 mSv /20 mSv. Hasil dari pemantauan WBC tahun 2016 menunjukkan bahwa tidak terdetek (ttd) adanya radionuklida. Hasil analisa urine dosis terikat (H_E) terpantau sebesar 0,01-0,05 mSv masih di bawah NBD H_E (20 mSv). Secara keseluruhan menunjukkan bahwa kegiatan operasi IEBE selama tahun 2016 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 2014, tentang Batasan dan Kondisi Operasi Instalasi Nuklir Non Reaktor.
3. Peraturan Kepala BAPETEN No. 6 Tahun 2016 tentang Keamanan Sumber radioaktif.
4. Peraturan Kepala BAPETEN No. 7 Tahun 2013, tentang Nilai batas radioaktivitas Lingkungan.
5. PTBBN, Program Jaminan Mutu Terintegrasi No. Dok. JM 01 002.