

PENGELOLAAN DATA PENGUKURAN RADIASI DAN KONTAMINASI DI PCP- IEBE TAHUN 2014-2018

Sri Wahyuningsih, Arca Datam Sugiarto, A.Saogi Latif
Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir

ABSTRAK

Bidang Keselamatan Kerja dan Akuntansi Bahan Nuklir (BKKABN) mempunyai tugas dan tanggung jawab untuk melakukan pengelolaan data sampling dan pengukuran radiasi dan kontaminasi dengan bertujuan untuk menjamin personil pekerja radiasi dan lingkungan kerja di PCP-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 di PCP- IEBE dalam kurun waktu 5 tahun terakhir 2014 – 2018 dilakukan pengelolaan data pengukuran untuk mendapatkan data pemantauan daerah kerja yang menunjukkan hasil masih di bawah batasan yang di persyaratkan BAPETEN. Data keselamatan ini mengindikasikan bahwa pekerja radiasi di ruang PCP telah bekerja dalam keadaan aman dan selamat, sehingga lingkungan kerja di PCP terkendali. Paparan radiasi- γ tertinggi di daerah kerja PCP-IEBE sebesar $6,886\mu\text{Sv/jam}$ pada bulan Mei tahun 2015 di ruang HR-39 yaitu ruang gudang *yellow cake*. Kontaminasi permukaan tertinggi pada bulan Agustus 2018 pada ruang HR 39 atau gudang *yellow cake* yaitu sebesar $0,235 \text{ Bq/ cm}^2$. Kontaminasi udara tertinggi terjadi pada bulan Oktober 2015 di ruang HR 37 atau ruang Kalsinasi Reduksi sebesar $0,939\text{Bq/ m}^3$. Berdasarkan kegiatan yang telah dilakukan disimpulkan bahwa sistem pengelolaan data hasil sampling, pengukuran dan pencacahan unsur daerah radiasi dan kontaminasi di PCP-IEBE 2014 - 2018 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 21 Tahun 2014, tentang rincian tugas unit kerja di BATAN, menyatakan Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBBN) mempunyai tugas melaksanakan perumusan dan pengendalian kebijakan teknis, pelaksanaan, pembinaan dan bimbingan di bidang pengembangan teknologi fabrikasi bahan bakar nuklir dan teknik uji radiometalurgi.

Instalasi *Pilot Conversion Plant* (PCP) merupakan fasilitas yang ada di IEBE - PTBBN yang berfungsi untuk melakukan proses konversi bahan baku (*Yellow Cake/YC*) menjadi serbuk uranium dioksida (UO_2) yang memenuhi persyaratan derajat nuklir sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar nuklir.

Instalasi PCP dibangun tahun 1986 sehingga sebagian peralatannya sudah mengalami kerusakan dan telah dilakukan revitalisasi dan uji dingin pada tahun 2009 yang dilanjutkan uji panas/komisioning menggunakan uranium pada tahun 2013 berdasarkan

izin dari BAPETEN No 481/SPE/DE.1/27-IX/2013.

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 di PCP-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.

TEORI

Pengelolaan data adalah suatu data yang diolah sedemikian rupa sehingga menghasilkan suatu informasi. Sistem pengelolaan data meliputi sejumlah proses, peralatan dan 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.

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 radiasi 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 atau *As Low As Reasonable Achievable (ALARA)*.

Tabel 1. MPC (*Maximum Permissible Concentration*) 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 meminimalisasi 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 selalu dilakukan, 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 akses 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.

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 maka dilakukan investigasi selanjutnya dilakukan pemagaran, diberi tanda bahaya radiasi dan dilarang masuk.

Lokasi pemantauan kontaminasi udara PCP- IEBE menggunakan *Smartcam*, yaitu alat pantau yang hasil pemantauannya dapat dilihat secara langsung saat itu juga pada saat pemantauan (*real time*). Pemantauan dilakukan di ruangan kerja PCP yang berpotensi memungkinkan terjadinya kontaminasi udara, seperti di HR-36, HR-37, HR-39 dan HR-40. Pemantauan radioaktivitas α (gross) di udara daerah kerja PCP - IEBE dilakukan minimal sekali setiap minggunya.

Pemantauan paparan radiasi α di daerah kerja PCP IEBE dilakukan minimal sekali setiap minggunya. Pemantauan paparan radiasi dilakukan pada titik-titik yang sudah ditentukan. Pada HR-36 titik sampling pengambilan berada pada tempat dimana banyak lalu lintas pekerja radiasi lewat. Pada HR-37 titik pengambilan pada *glove box* 1 dan 2. Pada HR-40 titik pengambilan berada di depan *glove box*. Pada HR-39 atau gudang *yellow cake*, titik pengambilan berada di depan drum-drum penyimpan *yellow cake*.

Pemantauan radioaktivitas α (gross) dipermukaan daerah kerja PCP-IEBE dilakukan minimal sekali setiap minggunya. Pemantauan radioaktivitas IEBE dilakukan di lantai sekitar *glove box*, dan meja kerja. Disamping itu dilakukan juga pengukuran di permukaan lantai 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.

Perhitungan Aktivitas Permukaan

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

Dengan:

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

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 alat ukur untuk pemantauan radiasi di IEBE

Peralatan	Merek/ jumlah unit	Sensitivitas dan jangkauan ukur	Lokasi alat	Program Perawatan dan Kalibrasi
Surveymeter Gamma	Graetz X5-DE/ 3 unit	0,0 nSv/h –19,9 mSv/h	HR-26	Penggantian baterai Dan Kalibrasi setiap 1 tahun.
Pencacah α/β	Nucl. Enterpr. PSR-8/ 1 unit	0 - 99.999 cacah	HR-26	Kalibrasi setiap 1 tahun.
Pencacah α/β	Ludlum Alpha beta counter model 3030	0 - 999.999 cacah	HR-26	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	HR-26	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.

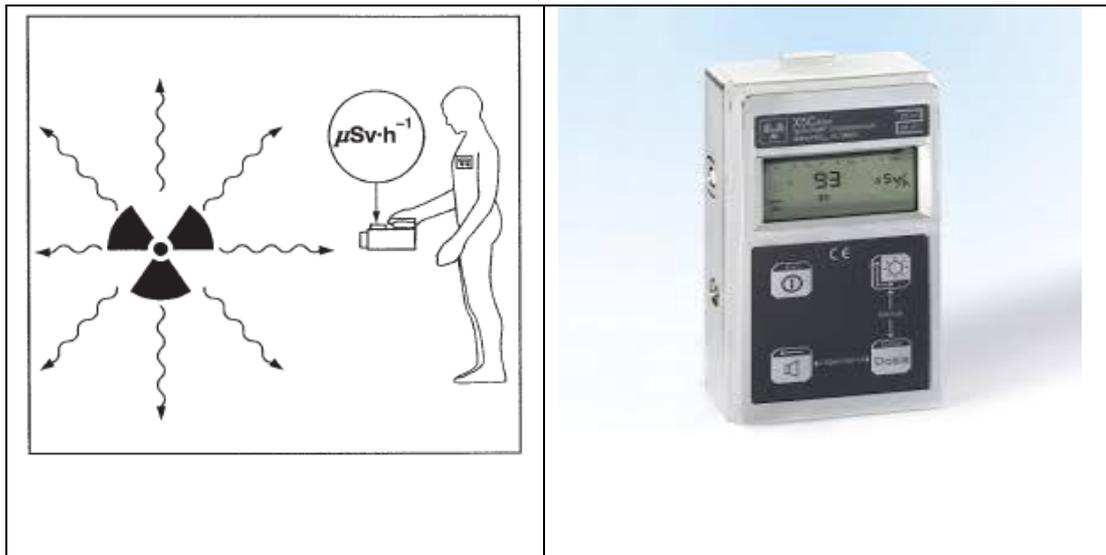
Tabel 3. Kegiatan rutin pemantauan keradioaktifan di daerah kerja IEBE

Obyek pantau /diamati	Parameter yang dipakai	Frekuensi	Lokasi
Paparan radiasi	Laju paparan radiasi daerah kerja	Minimal 1 kali per minggu/ jika dianggap perlu	HR-36, HR-37, HR-39 dan HR-40
Tingkat kontaminasi	Kontaminasi Udara	Minimal 1 kali per minggu	HR-36, HR-37, HR-39 dan HR-40
	Kontaminasi permukaan	Minimal 1 kali per minggu	HR-36, HR-37, HR-39 dan HR-40
	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

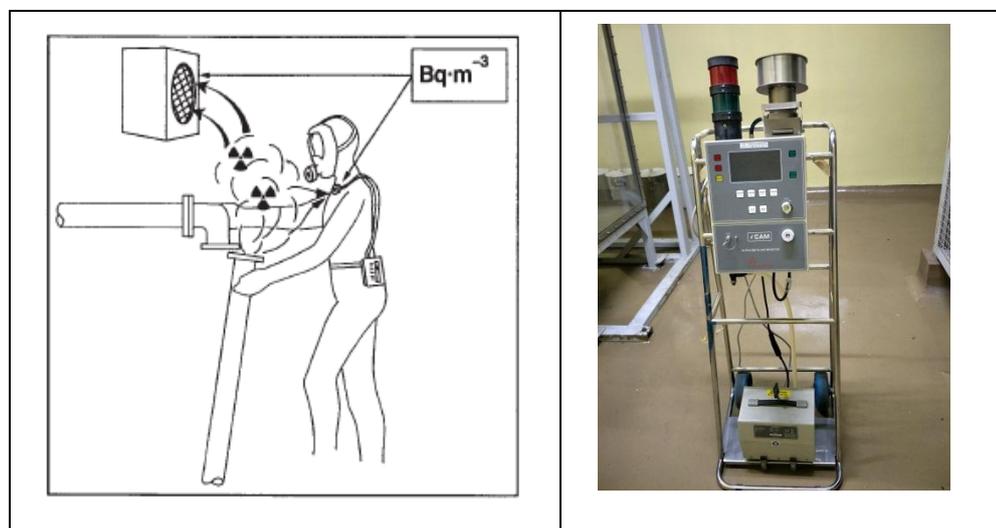
Pengukuran laju paparan radiasi gamma dilakukan dengan cara mengukur pada tempat yang terindikasi adanya paparan radiasi gamma dengan menggunakan Survey meter gamma jenis Graetz X5-DE, seperti terlihat pada gambar 1. Mencatat dalam Lembar bantu paparan radiasi FFL dan KK dengan nomor dokumen SOP 010.004/OT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



Gambar 1. Proses Pengukuran sampel paparan radiasi gamma dengan Graetz

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.

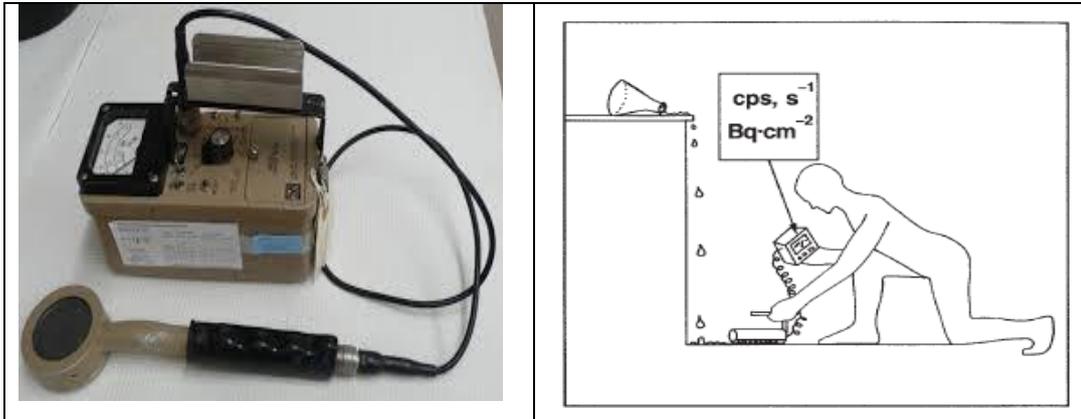


Gambar 2. Proses Pengambilan sampel kontaminasi udara

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

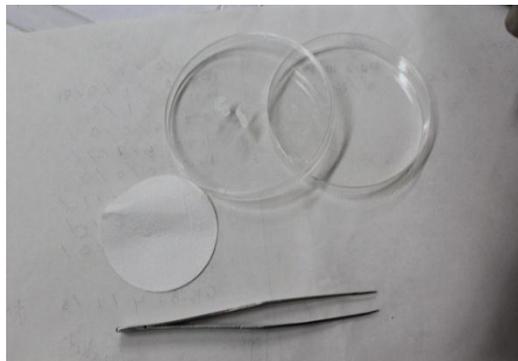
Pengambilan sampel kontaminasi permukaan dilakukan secara langsung dan tidak langsung.

- 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 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 cecceran/tumpahan serbuk UO_2 .
 3. Meletakkan kertas sampel pada wadah sampel untuk dilakukan pencacahan.

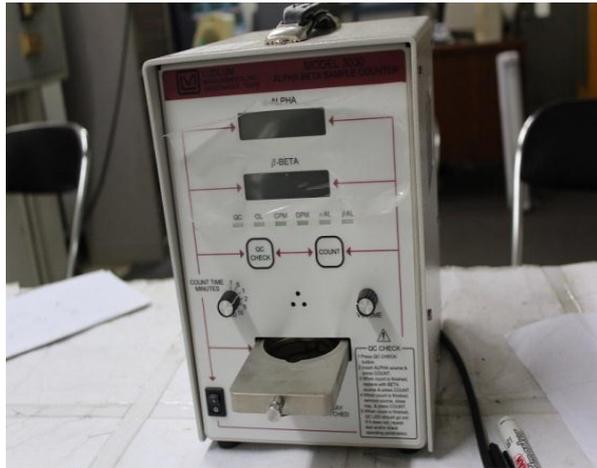


Gambar 4. Proses Pengambilan sampel kontaminasi permukaan secara tidak langsung/tes usap

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 024.004/KN04 02/BBN 5.1.



Gambar 5. Proses Pencacahan kertas filter sampel kontaminasi permukaan

a. Pengukuran kontaminasi udara

Melakukan pengukuran kontaminasi udara menggunakan *smart cam* secara langsung dimana hasil pengukuran dapat dilihat saat itu juga. Kemudian dicatat dalam lembar bantu No. Dok SOP 023.004/KN04 02/BBN 5.1

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengelolaan data pengukuran radiasi dan kontaminasi di daerah kerja PCP-IEBE, selama tahun 2014 - 2018 menunjukkan bahwa tingkat radiasi dan kontaminasi masih di bawah Nilai Batas Dosis (NBD) yang ditetapkan, seperti pada Tabel 4-8. 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 menggunakan alat pantau langsung bernama *smart cam*. Sampel hasil test usap dicacah menggunakan *alpha/beta sampel countertype 3030*. Hasil cacah kemudian dilakukan perhitungan aktifitasnya menggunakan persamaan 1.

Tabel 4. Data Pengukuran Radiasi dan Kontaminasi tertinggi di PCP-IEBE Tahun 2014

Bulan	Paparan Radiasi ($\mu\text{Sv/jam}$)	Kontaminasi Udara (Bq/m^3)	Kontaminasi Permukaan (Bq/cm^2)
Januari	2,22 HR 39	0,0451 HR 36	0,0105 HR 36
Februari	4,070 HR 39	0,030 HR 36	0,067 HR 36
Maret	2,480 HR 39	0,280 HR 39	0,0248 HR 39
April	4,070 HR 39	0,203 HR 39	0,030 HR 36
Mei	5,550 HR 39	0,226 HR 39	0,069 HR 40
Juni	3,590 HR39	0,041 HR 40	0,021 HR 40
Juli	2,050 HR 39	0,043 HR 40	0,021 HR 40
Agustus	2,790 HR 39	0,0571 HR 39	0,011 HR 39
September	3,660 HR 39	0,034 HR 39	0,017 HR 39
Oktober	3,411 HR 39	0,032 HR 39	0,0118 HR 40
Nopember	6,290 HR 39	0,0642 HR 37	0,023 HR 39
Desember	4,070 HR 39	0,0908 HR 39	0,015 HR 39
Rata-rata	$3,688 \pm 1,274$	$0,096 \pm 0,088$	$0,027 \pm 0,020$

Tabel 5. Data Pengukuran Radiasi dan Kontaminasi tertinggi di PCP-IEBE Tahun 2015

Bulan	Paparan Radiasi ($\mu\text{Sv/jam}$)	Kontaminasi Udara (Bq/m^3)	Kontaminasi Permukaan (Bq/cm^2)
Januari	3,121 HR 39	0,745 HR 40	0,0368 HR 39
Februari	4,440 HR 39	0,081 HR 37	0,0023 HR 40
Maret	5,550 HR 39	0,054 HR 39	0,0118 HR 36
April	4,440 HR 39	0,198 HR 36	0,020 HR 36
Mei	6,886 HR 39	0,210 HR 39	0,039 HR 37
Juni	3,780 HR39	0,0633 HR 39	0,018 HR 37
Juli	3,180 HR 39	0,178 HR 37	0,0653 HR 37

Agustus	4,070 HR 39	0,123 HR 40	0,017 HR 36
September	3,570 HR 39	0,198 HR 37	0,066 HR 40
Oktober	4,810 HR 39	0,939 HR 37	0,009 HR 40
Nopember	3,800 HR 39	0,154 HR 40	0,010 HR 36
Desember	4,390 HR 39	0,132 HR 40	0,013 HR 36
Rata-rata	4,336 ± 1,057	0,256 ± 0,282	0,026 ± 0,022

Tabel 6. Data Pengukuran Radiasi dan Kontaminasi tertinggi di PCP- IEBE Tahun 2016

Bulan	Paparan Radiasi ($\mu\text{Sv/jam}$)	Kontaminasi Udara (Bq/m^3)	Kontaminasi Permukaan (Bq/cm^2)
Januari	3,810 HR 39	0,088 HR 40	0,025 HR 37
Februari	5,510 HR 39	0,081 HR 40	0,036 HR 36
Maret	4,210 HR 39	0,0882 HR 39	0,0230 HR 36
April	5,590 HR 39	0,110 HR 40	0,015 HR 40
Mei	5,300 HR 39	0,109 HR 40	0,046 HR 40
Juni	3,900 HR39	0,106 HR 40	0,026 HR 36
Juli	3,550 HR 39	0,145 HR 36	0,024 HR 36
Agustus	4,521 HR 39	0,0947 HR 36	0,020 HR 37
September	3,120 HR 39	0,0887 HR 36	0,028 HR 36
Oktober	3,700 HR 39	0,0721 HR 40	0,011 HR 36
Nopember	5,920 HR 39	0,0945 HR 40	0,032 HR 40
Desember	5,550 HR 39	0,0710 HR 39	0,090 HR 40
Rata-rata	4,557 ± 0,967	0,096 ± 0,020	0,031 ± 0,021

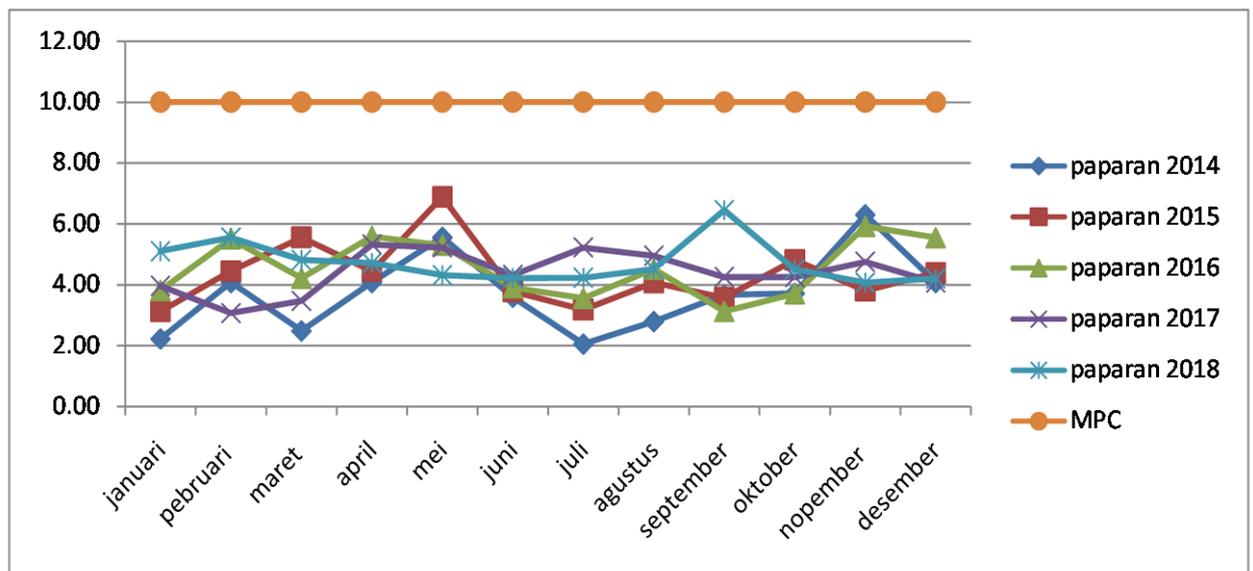
Tabel 7. Data Pengukuran Radiasi dan Kontaminasi tertinggi di PCP- IEBE Tahun 2017

Bulan	Paparan Radiasi ($\mu\text{Sv}/\text{jam}$)	Kontaminasi Udara (Bq/m^3)	Kontaminasi Permukaan (Bq/cm^2)
Januari	3,96 HR 39	0,030 HR 39	0,020 HR 36
Februari	3,070 HR 39	0,040 HR 36	0,077 HR 36
Maret	3,470 HR 39	0,270 HR 39	0,0240 HR 39
April	5,320 HR 39	0,0804 HR 39	0,021 HR 36
Mei	5,220 HR 39	0,0855 HR 39	0,021 HR 39
Juni	4,320 HR39	0,720 HR 39	0,038 HR 36
Juli	5,221 HR 39	0,0811 HR 40	0,023 HR 36
Agustus	4,950 HR 39	0,0915 HR 39	0,037 HR 39
September	4,250 HR 39	0,0802 HR 40	0,016 HR 40
Oktober	4,250 HR 39	0,0620 HR 39	0,0535 HR 40
Nopember	4,750 HR 39	0,0661 HR 37	0,014 HR 39
Desember	4,070 HR 39	0,0908 HR 39	0,015 HR 39
Rata-rata	4,404 \pm 0,714	0,141 \pm 0,192	0,030 \pm 0,019

Tabel 8. Data Pengukuran Radiasi dan Kontaminasi tertinggi di PCP- IEBE Tahun 2018

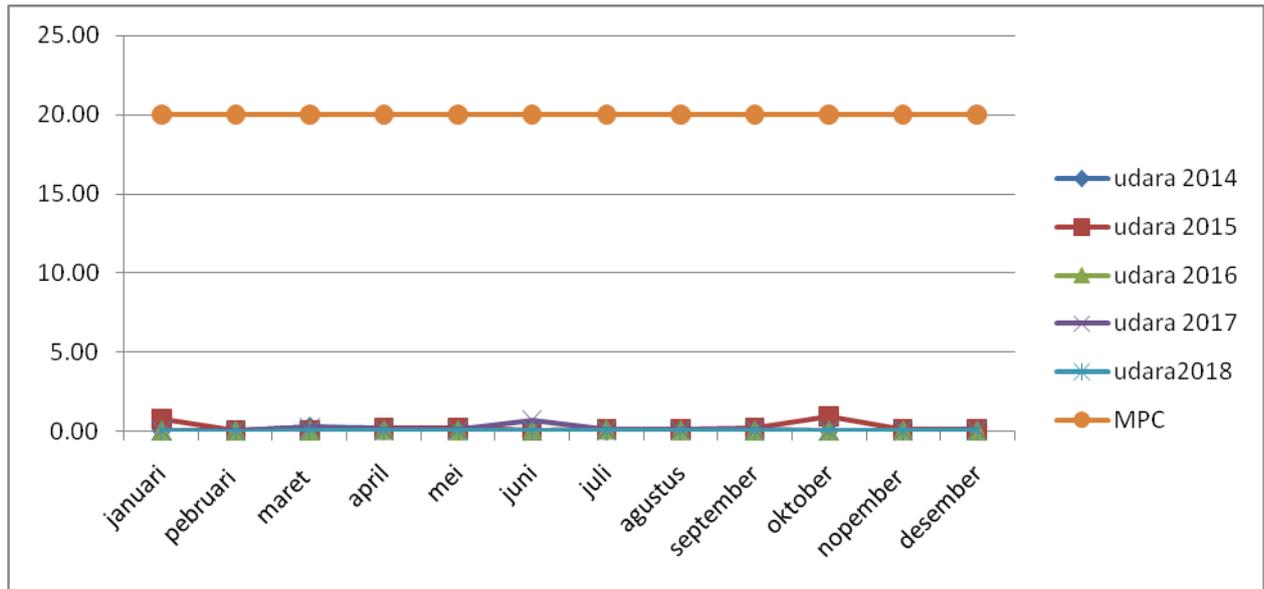
Bulan	Paparan Radiasi ($\mu\text{Sv}/\text{jam}$)	Kontaminasi Udara (Bq/m^3)	Kontaminasi Permukaan (Bq/cm^2)
Januari	5,101 HR 39	0,0410 HR 40	0,016 HR 39
Februari	5,550 HR 39	0,005 HR 40	0,013 HR 37
Maret	4,810 HR 39	0,0519 HR 39	0,014 HR 37
April	4,710 HR 39	0,052 HR 36	0,0013 HR 37
Mei	4,310 HR 39	0,0521 HR 40	0,019 HR 39
Juni	4,220 HR39	0,050 HR 40	0,006 HR 39
Juli	4,232 HR 39	0,0531 HR 40	0,006 HR 39

Agustus	4,510 HR 39	0,0420 HR 39	0,235 HR 39
September	6,420 HR 39	0,0540 HR 39	0,036 HR 39
Oktober	4,500 HR 39	0,0410 HR 40	0,035 HR 36
Nopember	4,070 HR 39	0,0411 HR 37	0,030 HR 39
Desember	4,200 HR 39	0,0411 HR 40	0,017 HR 39
Rata-rata	4,719 ± 0,686	0,044 ± 0,013	0,036 ± 0,064



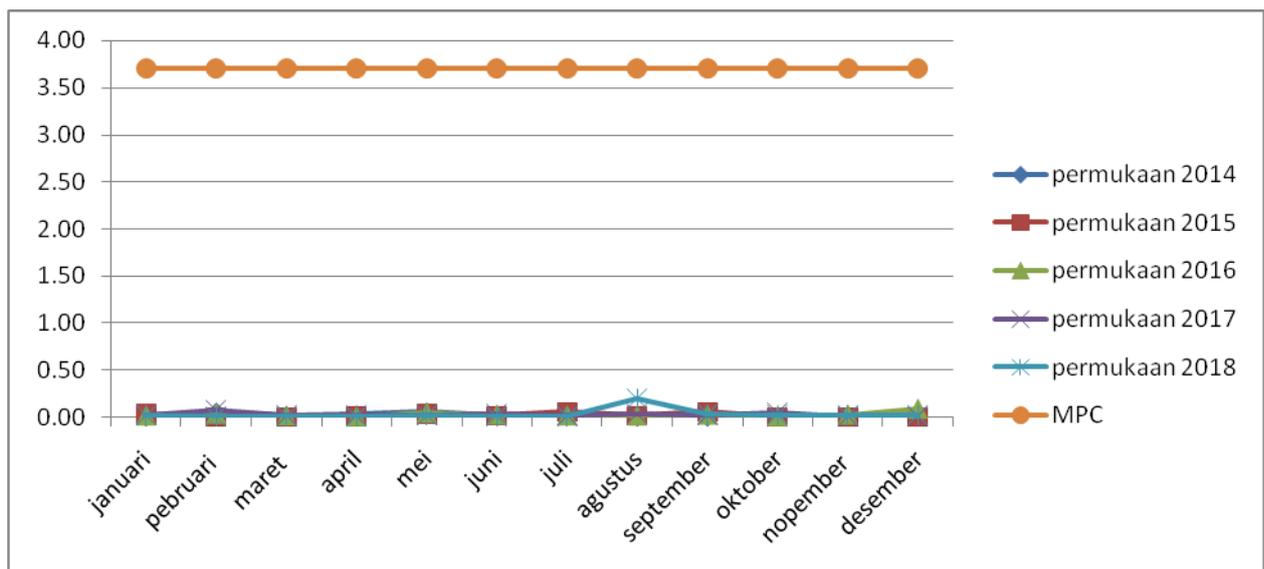
Gambar 6. Grafik hasil pemantauan paparan radiasi ($\mu\text{Sv/jam}$) 2014-2018

Hasil pemantauan mingguan selama tahun 2014 - 2018 disajikan pada Tabel 4-8, yang menunjukkan bahwa laju paparan radiasi- γ tertinggi di daerah kerja PCP-IEBE sebesar $6,886\mu\text{Sv/jam}$ pada bulan Mei tahun 2015 di ruang HR-39 yaitu ruang gudang yellow cake. Pantauan ini masih di bawah batas yang diijinkan, yaitu di bawah $10\mu\text{Sv/jam}$. Secara umum gudang *yellow cake* menunjukkan rata-rata di atas paparan normal ($0,150\mu\text{Sv/jam}$) karena di dalam gudang *yellow* terdapat drum-drum penyimpan *yellow cake* yang memancarkan paparan radiasi.



Gambar 7. Grafik hasil pemantauan kontaminasi udara (Bq/m³) 2014-2018

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 nilai tertinggi kontaminasi udara terjadi pada bulan Oktober 2015 di ruang HR 37 atau ruang Kalsinasi Reduksi. Walaupun nilai kontaminasi tertinggi tetapi nilainya tidak terlalu signifikan hal ini tidak berhubungan dengan kegiatan di dalamnya, dikarenakan nilai tertinggi kontaminasi udara setiap minggu berubah ubah tempatnya, jadi karena pengaruh background pencacahan dan stabilitas alat.



Gambar 8. Grafik hasil pemantauan kontaminasi permukaan (Bq/cm²) 2014-2018

Pada gambar 8 dan tabel 8 nilai kontaminasi permukaan tertinggi pada bulan Agustus 2018 pada ruang HR 39 atau gudang *yellow cake* yaitu sebesar 0,235 Bq/cm². Secara umum masih jauh di bawah batas yang diijinkan yakni 3,7 Bq/cm² (α).

KESIMPULAN

Pengelolaan data pengukuran radiasi dan kontaminasi di IEBE telah dikelola dengan baik dan didokumentasikan sesuai dengan Program Jaminan Mutu PTBBN. Walaupun terdapat nilai kontaminasi tertinggi tetapi nilainya tidak terlalu signifikan hal ini tidak berhubungan dengan kegiatan di dalamnya, dikarenakan nilai tertinggi kontaminasi udara setiap minggu berubah ubah tempatnya, jadi karena pengaruh *background* pencacahan dan stabilitas alat.

Dapat disimpulkan bahwa selama 5 tahun terakhir pekerja radiasi di PCP–IEBE data pantauan PCP tidak ada yang melebihi batas yang telah ditetapkan Bapeten, hal ini juga menunjukkan bahwa pekerja radiasi di PCP telah bekerja dengan mentaati aturan proteksi yang berlaku sehingga tidak menimbulkan penerimaan berlebih. Pengelolaan data pengukuran radiasi dan kontaminasi 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. Keputusan Kepala BATAN no 21 tahun 2014 tentang Rincian Tugas Unit Kerja di BATAN
4. PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA Nomor 33 tahun 2007, Tentang Keselamatan radiasi pengion dan keamanan sumber radioaktif, 2007.