

EVALUASI HASIL SAMPLING, PENGUKURAN DAN PENCACAHAN KERADIOAKTIFAN DAERAH KERJA FFL DI IEBE TAHUN 2014-2018

Nudia Barenzani, Nofriady Aziz
Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir

ABSTRAK

Telah dilakukan evaluasi terhadap hasil sampling keradioaktifan daerah kerja di Fuel Fabrication Laboratory (FFL) Instalasi Elemen Bakar Eksperimental (IEBE). Salah satu upaya agar terjamin keselamatan dalam operasional IEBE adalah dengan melakukan pemantauan terhadap paparan radiasi dan kontaminasi di dalam daerah kerja IEBE. Hasil pemantauan dievaluasi dengan tujuan untuk memastikan bahwa proses pemantauan telah sesuai dengan prosedur, data pemantauan telah diolah dengan benar dan hasil pemantauan daerah kerja dan lingkungan aman. Hasil evaluasi selama lima tahun berturut-turut diperoleh nilai tertinggi paparan radiasi gamma pada bulan Februari tahun 2015 sebesar 6.292 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$. Nilai tertinggi kontaminasi pada udara kerja juga terjadi pada bulan Februari tahun 2015 sebesar 3.711 Bq/m^3 . Dan nilai tertinggi tingkat kontaminasi permukaan sebesar 0,357 Bq/cm^2 pada bulan Maret tahun 2014. Kesimpulan dari kegiatan pemantauan paparan radiasi dan kontaminasi menunjukkan bahwa secara radiologi tidak ada yang melampaui batasan keselamatan sesuai persyaratan dari badan regulasi.

Kata kunci : evaluasi radiologi, IEBE, dan batasan keselamatan.

PENDAHULUAN

Instalasi Nuklir Non Reaktor yang selanjutnya disingkat INNR adalah instalasi yang digunakan untuk pemurnian, konversi, pengayaan bahan nuklir, fabrikasi bahan bakar nuklir dan/atau pengolahan ulang bahan bakar nuklir bekas, dan/atau penyimpanan sementara bahan bakar nuklir dan bahan bakar nuklir bekas, instalasi penyimpanan lestari serta instalasi lain yang memanfaatkan bahan nuklir.

Instalasi Elemen Bakar Eksperimental (IEBE), adalah salah satu instalasi nuklir non reaktor yang memanfaatkan bahan bakar nuklir diantaranya untuk kegiatan penelitian dan pengembangan bahan bakar nuklir.

Dalam kegiatan penelitian dan pengembangan bahan bakar nuklir yang dilakukan didalam laboratorium fabrikasi bahan bakar nuklir (*Fuel Fabrication Laboratory/FFL*), didukung oleh sarana laboratorium kendali kualitas (*Quality Control Laboratory*), infrastruktur pendukung dan sistim keselamatan serta keamanan. FFL dirancang untuk menghasilkan jenis elemen bakar "*Heavy Water Reactor (HWR)*" dengan menggunakan bahan dasar serbuk UO_2 alam^[1].

Berdasar Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 11 tahun 2007 tentang ketentuan keselamatan Instalasi Nuklir Non Reaktor, Pemegang Izin atau yang biasa di singkat PI yang memanfaatkan bahan nuklir harus memenuhi tujuan keselamatan. Tujuan keselamatan adalah melindungi pekerja, masyarakat dan lingkungan hidup terhadap bahaya radiasi pengion yang dihasilkan oleh INNRR.^[2]

Upaya untuk mencapai tujuan keselamatan tersebut harus dilakukan dengan cara:

- a. pengendalian paparan radiasi dan kontaminasi terhadap pekerja dan masyarakat, dan lingkungan;
- b. pembatasan kebolehjadian munculnya kejadian yang dapat terjadi saat beroperasinya *Instalation Non Nuclear Reactor* (INNRR). Berdasar perka tersebut diatas, selama status instalasi sedang beroperasi, maka organisasi pengoperasi harus melakukan upaya proteksi radiasi yaitu membatasi paparan radiasi dan kontaminasi di bawah nilai batas yang ditetapkan serta mengupayakan paparan radiasi dan kontaminasi serendah mungkin.

Dalam Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 4 tahun 2013 tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi dalam pemanfaatan tenaga nuklir ^[3], mengatur juga tentang penerapan persyaratan proteksi. Pemegang Izin wajib menerapkan persyaratan proteksi radiasi dalam pemanfaatan tenaga nuklir, yang meliputi: justifikasi, limitasi dosis, dan optimisasi dosis.

Justifikasi harus didasarkan pada asas bahwa manfaat yang akan diperoleh lebih besar daripada risiko yang ditimbulkan.

Limitasi dosis diberlakukan oleh PI melalui penerapan Nilai Batas Dosis (NBD) yang berlaku untuk: pekerja radiasi, pekerja magang untuk pelatihan kerja, pelajar, atau mahasiswa yang berumur 16 (enambelas) tahun sampai dengan 18 (delapanbelas) tahun; dan anggota masyarakat.

Nilai Batas Dosis untuk pekerja radiasi ditetapkan dengan ketentuan: Dosis Efektif rata-rata sebesar 20 mSv (duapuluh milisievert) per tahun dalam periode 5 (lima) tahun, sehingga dosis yang terakumulasi dalam 5 (lima) tahun tidak boleh melebihi 100 mSv (seratus miliSievert);

Pemegang Izin, untuk memastikan NBD tidak terlampaui, wajib melakukan:

- a. pembagian daerah kerja;
- b. pemantauan paparan radiasi dan/atau kontaminasi radioaktif di daerah kerja;
- c. pemantauan radioaktivitas lingkungan di luar fasilitas atau instalasi; dan
- d. pemantauan dosis yang diterima pekerja radiasi.

Optimisasi Proteksi dan Keselamatan Radiasi harus dilaksanakan oleh PI melalui penetapan Pembatas Dosis (*Dose Constraint*). Pembatas dosis meliputi pembatas dosis untuk pekerja radiasi dan anggota masyarakat. IEBE telah menetapkan pembatas dosis untuk pekerja radiasi sebesar 15 mSv/thn, sedangkan pembatas dosis untuk masyarakat sudah ditetapkan oleh BAPETEN sebesar 0,3 mSv/tahun. Dalam hal pemantauan paparan radiasi dan/atau kontaminasi radioaktif di daerah kerja, PI harus melakukan pemantauan secara terus menerus, berkala, dan/atau sewaktu-waktu sesuai dengan mempertimbangkan jenis/risiko pemanfaatan tenaga nuklir. Pemantauan radiologi di daerah kerja IEBE berdasar potensi bahaya penggunaan bahan uranium alam ataupun diperkaya sampai dengan 5 %, meliputi pemantauan terhadap: paparan radiasi eksternal, kontaminasi permukaan, dan kontaminasi udara. Rekaman hasil pemantauan wajib disimpan oleh PI paling kurang 5 (lima) tahun.

Pelaksanaan dari peraturan di atas dilaksakan oleh Sub Bidang Keselamatan Kerja dan Proteksi Radiasi di bawah Bidang Keselamatan Kerja dan Akuntansi Bahan Nuklir. Pemantauan dilakukan rutin satu minggu sekali di area yang telah di tentukan, yaitu area kerja FFL dan laboratorium kendali kualitas yang berpotensi timbulnya paparan radiasi dan kontaminasi yang melebihi batasan keselamatan.

METODOLOGI

- I. Pengukuran Laju Paparan Radiasi Gamma ^[4, 5]
 - a. Mengukur secara langsung pada daerah yang terindikasi adanya paparan radiasi yang lebih besar dari paparan latar. Pengukuran dilakukan dengan alat survey kontaminasi *Graetz DX 1150* atau *Radiagem*.
 - b. Mencatat dalam lembar bantu dengan nomor dokumen SOP 010.004/OT 01.02/BBN.5.1 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 ^[7]
 - c. Membandingkan dengan batasan keselamatan yang tertera dalam Tabel1.

Tabel 1. Batasan keselamatan radiasi (*Maximum Permissible Concentration/MPC*)

Zona	Paparan radiasi γ (D)	Radioaktivitas α	
		di permukaan	di udara
I	Background	background	background
II	$< 10 \mu \text{ Sv/jam}$	$\leq 0,37 \text{ Bq/cm}^2$	$\leq 2 \text{ Bq/m}^3$
III	$\leq 10 \mu \text{ Sv/jam}$	$\leq 3,7 \text{ Bq/cm}^2$	$\leq 20 \text{ Bq/m}^3$

II. Pengukuran dan pencacahan keradioaktifan permukaan lantai dan meja ^[4, 6]

A. Preparasi sample:

- a. Menyiapkan kertas *filter* untuk test usap dan perlengkapan lainnya seperti: pinset, *petri disk*, sarung tangan, masker debu dan sebagainya.
- b. Memberikan label pada masing-masing kertas, lokasi pengambilan sampel sesuai lembar bantu sampling.
- c. Melaksanakan test usap sesuai pemetaan yang telah ditetapkan yakni :
 - 1). permukaan lantai daerah kerja aktif IEBE diusap pada posisi yang telah ditentukan seluas $\pm 100 \text{ cm}^2$ menggunakan *filter* pencuplik, memutar dari titik awal ke luar membentuk lingkaran (jari-jari 5 - 6 cm),
 - 2). *filter* pencuplik diambil dengan *pinset* kemudian dimasukkan ke *petri disk*,
 - 3). selanjutnya cuplikan tersebut dibawa ke ruang pencacahan.

B. Pencacahan sampel

Pencacahan sampel permukaan dilakukan dengan cara:

- a). Alat cacah α - β *sample counter* (Iudlum 3030) dihubungkan ke sumber tegangan 220 Volt, ON-kan alat dengan menekan tombol *power*, biarkan alat stabil menunjukkan siap cacah.
- b). memasukkan cuplikan ke dalam *sample holder*, putar tombol ke posisi *tray latched*, putar tombol *count time minutes* ke angka 2,
- c). tekan tombol *count* biarkan mencacah, ulangi sebanyak 3 kali, masing-masing hasil cacah radiasi α dicatat kedalam lembar bantu pemantauan dengan satuan cpm (cacah per menit).
- d). Setelah selesai alat cacah α β *sample counter* di OFF-kan.

C. Analisis hasil pencacahan

Analisis hasil pencacahan sampel permukaan dilakukan dengan cara:

- a). Melakukan pengamatan preparasi dan pengambilan sampling permukaan untuk mendapatkan data luas permukaan yang diusap dan untuk memperkirakan fraksi yang terambil.
- b). Memeriksa alat cacah α - β *sample counter* (Iudlum 3030) untuk memastikan validitas alat yakni masa berlakunya kalibrasi dan untuk mendapatkan data faktor kalibrasi.
- c). Menetapkan fraksi yang terambil dengan pertimbangan jenis kertas saring, kondisi permukaan, tekanan dalam pengambilan cuplikan permukaan.
- d). Melakukan perhitungan dan analisis pencacahan dengan rumus sbb:

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

dengan :

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

C : laju cacahan (cps);

FK : faktor konversi (Bq/cps);

L : luas permukaan yang diusap (100 cm²);

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

III. Pengukuran dan pencacahan keradioaktifan udara daerah kerja

A. Sampling kontaminasi udara ^[6]

- a. Memasang kertas *gross filter-8* dalam air sampler selama 15 menit, sampling dilakukan dalam zona yang berbeda di HR-04 dan HR-05.
- b. Melakukan pencacahan dengan alat *α-β sample counter*, seperti yang dilakukan pada cacah permukaan
- c. Melakukan perhitungan dengan rumus :

$$A = C \times FK \times \frac{1}{d} \times \frac{1}{t}$$

dengan :

A = aktivitas zat radioaktif di udara (Bq/m³);

C = laju cacahan (cps);

FK = faktor konversi (Bq/cps)

d = debit hisap udara (m³/menit);

t = waktu hisap udara (menit).

Batasan kontaminasi yang diizinkan di daerah kerja IEBE, adalah:

1. Daerah Kontaminasi Rendah, yaitu daerah kerja dengan tingkat kontaminasi yang besarnya lebih kecil dari 0,37 Bq/cm².
2. Daerah Kontaminasi Sedang, yaitu daerah kerja dengan tingkat kontaminasi radioaktif 0,37 Bq/cm² atau lebih tetapi kurang dari 3,7 Bq/cm².

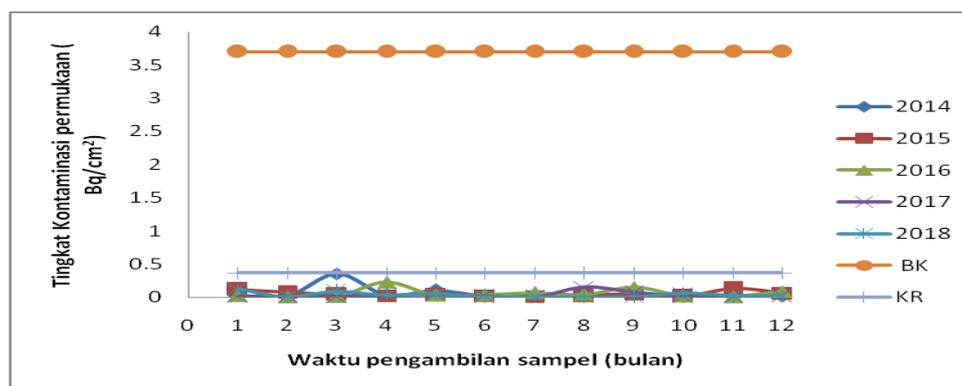
HASIL DAN PEMBAHASAN

Bahan nuklir uranium sebagai bahan utama dalam litbang dan produksi bahan bakar nuklir yang di gunakan di IEBE bersifat dapat memancarkan radiasi alpha dan radiasi gamma yang dapat menyebabkan dampak yang merugikan bagi kesehatan pekerja radiasi. Penanganan bahan uranium yang berbentuk serbuk sangat berpotensi terhadap bahaya radiasi interna akibat adanya proses yang menimbulkan kontaminasi, baik kontaminasi pada permukaan, udara maupun kulit tubuh pekerja radiasi.

Pemantauan tingkat kontaminasi permukaan di laboratorium IEBE di lakukan untuk mencegah tersebarnya kontaminasi yang berakibat masuk dalam tubuh manusia.

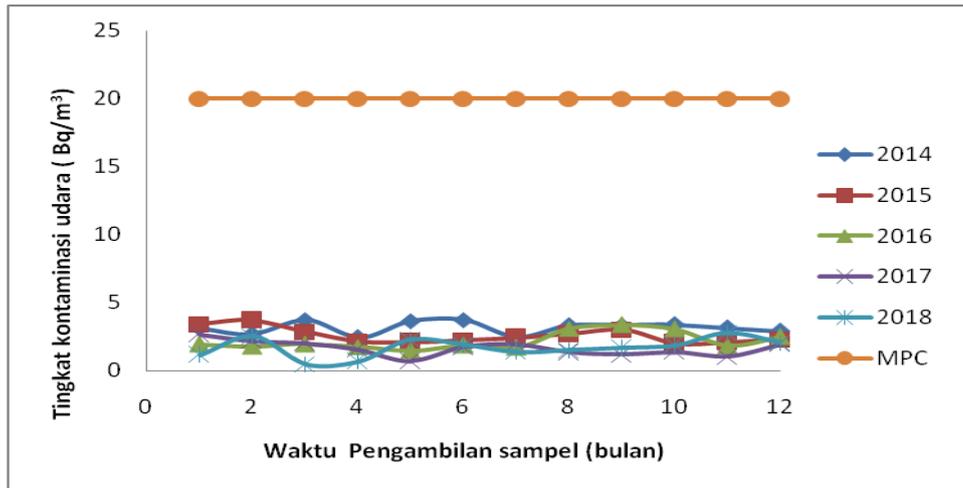
Mekanisme yang dilakukan dengan cara tidak langsung, yaitu dengan melakukan tes usap dengan menggunakan kertas filter pada area yang berpotensi adanya bahaya kontaminasi pada permukaan bidang kerja baik itu pada lantai atau meja kerja. Filter hasil usap dicacah dan dilakukan perhitungan tingkat kontaminasinya. Cara tidak langsung tersebut, diharapkan dapat lebih menjangkau seluruh area rumit yang berpotensi adanya kontaminasi di laboratorium IEBE.

Hasil pemantauan tingkat kontaminasi/radioaktivitas alpha permukaan di meja dan lantai laboratorium FFL dan kendali kualitas selama lima (lima) terakhir yaitu tahun 2014-2018 diperoleh nilai tertinggi sebesar 0,357 Bq/cm² terletak di area meja kerja-A/HR-05 seperti terlihat pada Gambar 1. Kondisi tingkat kontaminasi dipermukaan lantai dibandingkan dengan batas keselamatan (Tabel 2) masih jauh lebih kecil dari yang dipersyaratkan. Nilai tingkat kontaminasi yang terlihat dalam Gambar 1 tidak melebihi 3,7 Bq/cm², yaitu batasan keselamatan daerah kontaminasi yang telah ditetapkan oleh Badan Pengawas (BAPETEN).



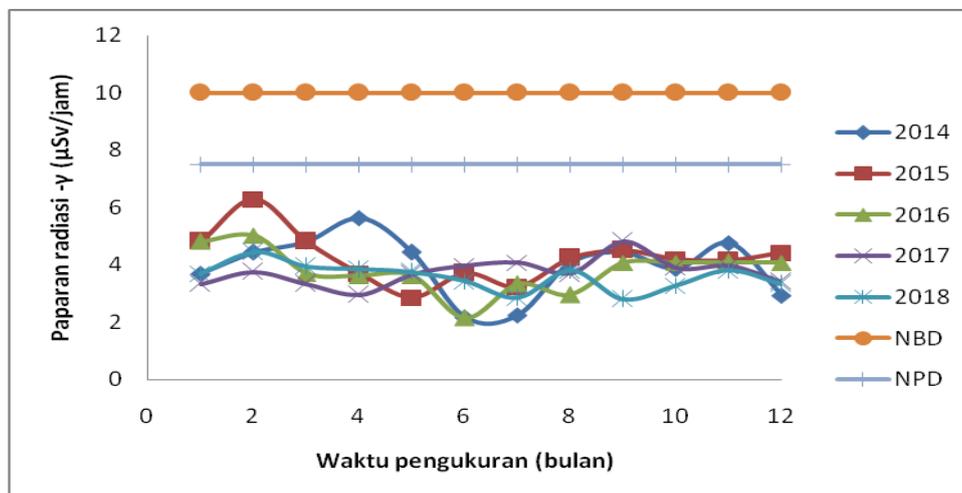
Gambar 1. Grafik tingkat kontaminasi permukaan tahun 2014 – 2018

Radioaktivitas α (*gross*) di udara tertinggi terlihat dari Gambar 2 berasal dari daerah Gudang uranium/HR-04 sebesar 3,711 Bq/m³. Hal tersebut bisa dikarenakan kurangnya sirkulasi udara di ruang gudang tersebut, sehingga adanya gas radon dan turunannya memberikan kontribusi pada konsentrasi radioaktivitas udara ruangan. Namun begitu, konsentrasi udara di HR-04 tidak melebihi 20 Bq/m³ (MPC Radioaktivitas α di udara daerah kerja).



Gambar 2. Grafik tingkat kontaminasi udara tahun 2014 – 2018

Laju paparan radiasi gamma tertinggi sebesar 6.292 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ berasal dari meja kerja-B, dengan lokasi diruang fabrikasi pelet bahan bakar nuklir/HR-05. Disekitar lokasi meja kerja tersebut terdapat beberapa kontainer yang berisi puluhan pelet hasil dari proses kegiatan litbang dan sampai saat sekarang masih belum selesai. Keadaan tersebut menyebabkan bahan pelet belum bisa dipindahkan ke gudang uranium. Dari Gambar 3 terlihat nilai laju paparan radiasi gamma yang terukur sedikit melebihi latar tetapi tidak melebihi 10 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$. (NBD paparan radiasi gamma) [6].



Gambar 3. Grafik paparan radiasi γ terhadap waktu dari tahun 2014-2018

Dalam Perka BAPETEN nomor 4 tahun 2013, pada Pasal 27, butir 1 disebutkan bahwa: Pemegang Izin dapat menetapkan Daerah Pengendalian sebagaimana berdasarkan kriteria:

potensi penerimaan Paparan Radiasi melebihi 3/10 (tiga persepuluh) NBD Pekerja Radiasi; dan/atau adanya potensi kontaminasi. Nilai yang terukur di area meja kerja-B mendekati kriteria daerah pengendalian yaitu melebihi 3,000 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ dan perlu penerapan peraturan tentang daerah pengendalian, diantaranya tanda adanya bahaya radiasi dan pembatasan personil berada disekitar area tersebut.

KESIMPULAN

Berdasarkan evaluasi dari hasil sampling pengukuran dan pencacahan keradioaktifan daerah kerja IEBE dapat di simpulkan bahwa lingkungan kerja di dalam laboratorium FFL dan ruang kendali kualitas di IEBE dapat di nyatakan aman dan selamat untuk melakukan aktifitas litbang bahan bakar nuklir. Nilai tingkat kontaminasi udara tertinggi sebesar 3.711 Bq/m^3 dan tingkat kontaminasi permukaan tertinggi sebesar 0,357 Bq/cm^2 , serta nilai laju paparan radiasi gamma tertinggi sebesar 6.292 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ masih di bawah batasan keselamatan yang di berlakukan dalam peraturan badan regulasi dan telah tertera dalam LAK IEBE nomor 7 tahun 2017.

DAFTAR PUSTAKA

1. Laporan Analisis Keselamatan IEBE, Revisi 7 tahun 2012
2. Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir, Nomor 11 Tahun 2007 Tentang Ketentuan Keselamatan Instalasi Nuklir Non Reaktor.
3. Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir, Nomor 4 Tahun 2013 Tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi Dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir.
4. *Workplace Monitoring for Radiation and Contamination, IAEA-PRTM-1, Vienna, 2004*
5. *IAEA Safety Standards Series, Assessment of Occupational Exposure Due to External Source of Radiation, No Rs-G 1.3 June 1999.*
6. *IAEA Safety Standards Series, Assessment of Occupational Exposure Due to Intake of Radionuclide, No. RS-G-1, June 1999*
7. Standar Operasional Pemantauan No 025.004/OT 01 02/BBN.5.1 tentang Pemantauan Paparan Radiasi dan Radioaktivitas Daerah Kerja di Instalasi Elemen Bakar Eksperimental