

EVALUASI DATA HASIL PANTAU *STACK MONITOR* DI INSTALASI ELEMEN BAKAR EKSPERIMENTAL - TAHUN 2015

Nudia Barenzani, Arca Datam Sugiarto, Sri Wahyuningsih
Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir – BATAN

ABSTRAK

Evaluasi terhadap data radioaktivitas alpha yang keluar dari cerobong udara buang IEBE telah dilakukan. Metode yang digunakan untuk pengambilan data dengan memantau secara langsung pada layar monitor *SmartCam* produksi *Laboratorium Impex Systems*. Peralatan tersebut bekerja dengan memonitor udara buang secara otomatis dan kontinyu. Apabila terjadi masalah pada peralatan, maka pengambilan data menggunakan sampling udara secara tidak langsung. Pengambilan data dilakukan setiap saat, dan satu minggu diambil hasil yang tertinggi dalam waktu tersebut. Tujuan evaluasi ini adalah untuk mengetahui apakah udara buang yang keluar dari kegiatan litbang IEBE aman bagi pekerja, masyarakat dan lingkungan. Dari data pantauan diperoleh nilai tertinggi terjadi pada tanggal 10 Maret 2015, sebesar $0,08 \text{ Bq/m}^3$, hal tersebut dikarenakan telah dimulainya kegiatan litbang di laboratorium. Nilai tertinggi udara buang tersebut masih dibawah batas *Maximum Permissible Concentration (MPC)* yang diizinkan yaitu 2 Bq/m^3 . Hasil evaluasi dapat dinyatakan bahwa udara buang dari laboratorium IEBE Tahun 2015 tidak ada rilis radioaktivitas yang signifikan, sehingga dapat dinyatakan aman bagi pekerja, masyarakat dan lingkungan.

Kata kunci : radioaktivitas- α , udara buang laboratorium IEBE, *MPC*, keselamatan lingkungan

PENDAHULUAN

Instalasi Elemen Bakar Eksperimental (IEBE) adalah salah satu instalasi nuklir dari Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBBN) yang digunakan untuk penelitian dan pengembangan bahan bakar nuklir. Kegiatan litbang IEBE menggunakan bahan nuklir uranium dalam bentuk serbuk *yellow cake* dan UO_2 . Dalam kegiatan litbang tersebut dapat menyebabkan dispersi aerosol radioaktif ke udara ruangan kerja dan lingkungan sekitar. Radioaktivitas udara juga dipengaruhi oleh adanya zat-zat radioaktif alamiah yang terdapat pada dinding-dinding bangunan ruangan dan masuk ke udara melalui unsur-unsur radon dan thoron yang merupakan gas mulia. Radon dan thoron kemudian meluruh diudara menghasilkan anak luruhnya yang juga unsur-unsur radioaktif.

Tata udara di ruang kerja di IEBE diberlakukan sistem tekanan negatif, udara bergerak dari daerah kontaminasi rendah ke daerah kontaminasi tinggi. Kemudian dibuang ke atmosfer melalui cerobong. Sebelum dibuang ke cerobong, terlebih dahulu dilewatkan ke sistim pembersih atau penyaring udara. Sistim pembersih udara dilengkapi dengan *HEPA filter* yang mempunyai efisiensi 99,97 %, dengan demikian tidak dapat dihindarkan adanya pelepasan sebagian kecil gas atau partikel radioaktif ke atmosfer.

Limbah gas atau partikel radioaktif yang terlepas ke atmosfer akan disebarkan oleh angin dan akhirnya akan sampai kepada masyarakat yang berada sekitar instalasi nuklir melalui

berbagai daur perantara, yaitu melalui daur inhalasi, imersi, dan paparan permukaan tanah. Hal ini akan meningkatkan penerimaan dosis baik secara internal maupun eksternal pada anggota masyarakat. Oleh karena itu bila pembuangan gas atau partikel tidak dibatasi dan tidak dimonitor, akan menurunkan kualitas lingkungan hidup dan pada gilirannya akan menurunkan tingkat kesehatan masyarakat.

TEORI

Untuk maksud keselamatan radiasi dalam bekerja dengan radioaktif yang menyebabkan kontaminasi ke udara (keradioaktifan udara), IEBE dilengkapi dengan sistim ventilasi udara yang berfungsi untuk membawa radioaktifitas udara tersebut ke cerobong. Kontaminan aerosol radioaktif maupun non radioaktif berasal dari proses dalam laboratorium diantaranya adalah debu uranium, dan uap kimia. Kontaminan ini disaring dengan dua tingkat filtrasi sebelum dibuang keudara luar. Filter tingkat pertama disebut *prefilter* dan tingkat ke-dua disebut *after filter*. Filtrasi aerosol baik tingkat pertama maupun tingkat ke-dua menggunakan filter *HEPA (High Efficiency Particulate Absorbance)* yang mempunyai efisiensi penyaringan maksimal sebesar 99,97 % untuk partikulat berdiameter 0,3 μm . Pembuangan udara keluar melalui sistim cerobong berdiameter 2 meter dan tinggi dari permukaan tanah 25 meter. Dari desain kapasitas alir udara (debit) yang melalui cerobong buang sebesar 244.850 m^3/jam .

Sistim ventilasi udara di IEBE merupakan salah satu sarana keselamatan kerja dan keselamatan lingkungan, berguna untuk mencegah tersebarnya debu/partikulat atau *aerosol* radioaktif ke lingkungan, baik di dalam instalasi (daerah kerja) maupun keluar instalasi. Pada sistim ventilasi ini, udara dialirkan dari zona radiasi bebas kontaminasi ke zona kontaminasi, zona kontaminasi rendah ke zona kontaminasi lebih tinggi dan kemudian melalui sistim filtrasi absolut *HEPA*, serta dikeluarkan melalui cerobong kembali ke atmosfir (lingkungan). Pola aliran udara seperti ini diselenggarakan dengan cara memberikan tekanan lebih negatif pada zona kontaminasi yang lebih tinggi, dengan beda tekanan antar zona pada kisaran antara 7 – 20 mm H_2O (*water gauge*).

Sistim ventilasi atau tata udara di IEBE terdiri dari 4 sub-sistim yaitu: sub-sistim suplai udara atau udara masuk, sub-sistim udara buang (*exhaust*), sub-sistim air dingin (*chilled water*), dan sub-sistim tata udara perkantoran.

Pada sub-sistim udara masuk, udara dari luar (*outdoor air*) dimasukkan lewat *intake air unit*, unit ini terdiri dari *grill* (lapisan kasar), filter medium, *supply fan* dan koil pendingin. *Grill* berfungsi sebagai penahan terbangun seperti kertas, serangga, dedaunan kering dan sejenisnya dalam udara masuk, sedang filter medium berguna menyaring debu/partikel kecil agar ruangan laboratorium lebih bersih.

Aliran udara masuk terjadi karena tarikan *supply fan*, untuk mendinginkan dan mengurangi kelembaban relatifnya, udara masuk dilewatkan ke koil pendingin. Pada koil pendingin ini uap air dalam udara terembunkan dan air embunan dipisahkan dari udara masuk. Koil pendingin mendapat catu air dingin dari *chiller*. Tiap ruangan fungsional disediakan sepasang *intake air unit*, yang masing-masing berkapasitas 100%. Salah satu dari unit dioperasikan, sementara unit pasangannya dalam keadaan *standby*. Jika kedua unit ini rusak, catu udara dapat masuk melalui celah-celah. Dengan cara ini aliran udara masuk bukan ditarik oleh *supply fan*, tetapi oleh tekanan negatif dari dalam ruangan. Peralatan pada jalur udara buang terdiri dari dua lapis filter yang dipasang pada rumah filter (*plenum*), *exhaust fans* dan cerobong, dua lapis filter dipasang untuk mengantisipasi kegagalan filtrasi pada filter pertama, khusus dari ruangan *Pilot Conversion Plant (PCP)*, udara buang yang mengandung limbah kimia dilewatkan ke *adsorber* yang dipasang *afterfilter*. Kelima jalur utama dari *exhaust air unit* dikumpulkan menjadi satu jalur tunggal menuju cerobong. Sistem udara buang yang berasal dari 2 jalur yaitu: jalur *fumehood* dan jalur laboratorium ke lingkungan harus di monitor radioaktifitasnya.^[1]

Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa udara buang dari laboratorium IEBE aman bagi pekerja, masyarakat dan lingkungan. Setiap Pengusaha Instalasi Nuklir harus menjamin agar baku tingkat radioaktivitas yang berasal dari instalasinya pada anggota masyarakat secara keseluruhan serendah mungkin sesuai dengan sistem pembatasan dosis. Baku Tingkat Radioaktivitas adalah nilai batas yang dinyatakan dalam kadar tertinggi yang diizinkan yaitu batas kadar radionuklida yang diperbolehkan terdapat di lingkungan, namun tidak menimbulkan gangguan terhadap makhluk hidup dan tumbuh-tumbuhan. Batasan keradioaktifan udara buang dari cerobong adalah 10% dari batasan untuk keradioaktifan udara di dalam laboratorium, yaitu 2 Bq/m³ untuk radiasi- α . Konsentrasi radioaktivitas- α diudara dapat, dihitung menggunakan rumus berikut :

$$A_u = \frac{C}{efDt} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan :

A_u : konsentrasi zat radioaktif dari udara buang (Bq/m³)

C : laju cacahan (cps)

ef : efisiensi pencacahan (%)

D : debit penghisapan udara (m³/menit)

t : lama pencuplikan udara (menit).

TATA KERJA

Bahan dan Alat:

1. Pemantauan udara buang secara otomatis: peralatan *smart cam*, layar monitor, jaringan internet, kertas filter.
2. Pencuplikan cuplikan udara buang secara manual : kertas *filter* tipe GF-8 buatan *Schleicher & Schuell* (diameter: 5,8 cm). pinset, gunting, pompa hisap jenis *low volume air sampler*, *Eberlain* buatan *General Electric* dengan *flowrate* 15 – 35 lpm, alat pencacah cuplikan : *alpha /beta sample counter*, *Ludlum 3030*, buatan *Sea Water USA*.

A. Pemantauan keradioaktifan udara menggunakan *SmartCam - MAN 0070*

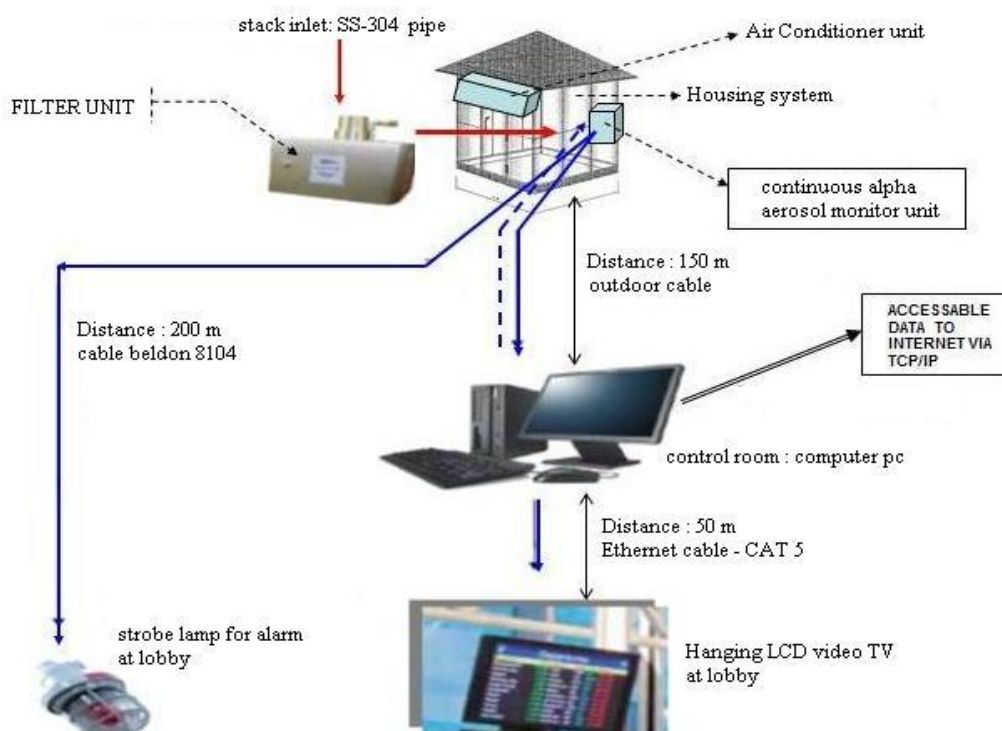
IEBE telah memasang peralatan pemantauan udara buang secara kontinu sejak pertengahan 2013, yaitu peralatan *SmartCam, MAN 0070*, diproduksi oleh *Laboratorium Impex Systems*. Pengoperasian alat tersebut sebagai berikut :

Cara kerja peralatan *SmartCam, MAN 0070*

1. Penyiapan pengoperasian alat pantau udara buang
 - a. Memastikan bahwa kertas filter terpasang pada dudukan yang telah disediakan
 - b. Mengatur posisi kunci kontak pada garis vertikal (*upright*)
 - c. Menyambungkan kabel power pada tegangan 220 Volt (*main power*), kemudian menghidupkan *main power supply*
 - d. Menunggu sampai sistim *booting* pada *smart cam software* berjalan normal.
2. Menghidupkan sistim pompa hisap udara
 - a. Menghidupkan pompa penghisap udara luar
 - b. Memastikan bahwa posisi filter udara terpasang kuat pada posisinya
 - c. Menghubungkan *mains lead ke mains inled connector* untuk menyalurkan tegangan
 - d. Melakukan konfirmasi kelengkapan sistim pada proses *star up* pada :
 - Layar LCD dengan tanda lampu merah
 - *Windows CE.net screen* dengan tanda lampu merah
 - *LIS Cam splash screen* dengan tanda lampu merah
 - *Normal display screen* dengan lampu hijau untuk tanda normal

3. Menghubungkan alat ke sistim komputer
 - a. Memasang komputer dengan *software VNC*
 - b. Memeriksa dan *set up IP address* pada *smart cam (network menu)*
 - c. Memeriksa dan *set up IP Personal Komputer* dengan *IP SmartCam*
 - d. Mengisi *IP SmartCam* pada *VNC server*
 - e. Memastikan panel " *Quick Option*" sesuai dengan aturan di buku manual
4. Pembacaan radioaktivitas alpha pada layar monitor.
5. Mencatat radioaktivitas alpha pada lembar bantu.

Pemantauan keradioaktifan udara buang sistim ini dilakukan dengan cara membaca keradioaktifan udara buang yang ditampilkan pada layar monitor. Pembacaan data dilakukan setiap hari dan dicatat nilai yang tertinggi setiap minggu. Data hasil pemantauan udara buang di dokumentasikan dan dievaluasi. Apabila terjadi keadaan abnormal yang menunjukkan angka melebihi dari *Maximum Permissible Concentration (MPC)* yaitu lebih besar dari 2 Bq/m^3 , maka akan diperintahkan penghentian operasi pada kegiatan litbang IEBE. Skema peralatan *smart cam - MAN 0070*, dapat dilihat pada gambar 1 berikut :



Gambar 1. Skema *stack monitor* IEBE.

B. Pemantauan keradioaktifan udara buang menggunakan air sampler

Pemantauan keradioaktifan udara buang dengan cara mencuplik udara buang yang melewati cerobong dengan penyedot udara, cara ini dilakukan jika terjadi masalah dengan alat *SmartCam*. Pencuplikan udara dengan memasang kertas filter yang dipasang pada pompa penyedot udara yang diambil sesaat (interval waktu tertentu). Cuplikan kontaminan radioaktif dari udara cerobong yang terkumpul pada kertas filter, dicacah dengan pencacah radiasi- α secara total (*gross counting*), dengan suatu perumusan yang membandingkan antara hasil cacahan terhadap volume udara yang tercuplik akan memberikan konsentrasi keradioaktifan udara buang, pencacahan cuplikan dapat dilaksanakan dengan segera untuk mengetahui konsentrasi radioaktivitas- α , kemudian dihitung menggunakan rumus 1.

Cara kerja

Persiapan alat :

Untuk menjaga agar peralatan selalu dalam kondisi baik, perlu dilakukan persiapan dan pemeriksaan alat. Pemeriksaan dan persiapan tersebut meliputi pengecekan oli pelumas pompa, sambungan kelistrikan, sambungan pipa ke cerobong asap (*stack*), kebersihan dan kondisi kertas filter (tidak boleh kotor dan cacat secara fisik), dengan demikian kesalahan dalam pengambilan sampel udara buang bisa ditekan sekecil mungkin.

Pelaksanaan:

Untuk mendapatkan hasil yang optimal, dalam pengambilan sampel udara buang dilakukan secara berurutan. Langkah pertama adalah kertas *filter* yang bersih dipasang pada pompa penghisap udara buang, kemudian menyambung pipa spiral dari pompa ke (*stack monitor*), mesin pompa dihidupkan dengan laju alir (*flow rate*) sebesar 35 liter per menit (lpm), selama 30 menit, setelah pompa dimatikan kertas filter diambil dan dilakukan pencacahan dengan menggunakan alat *alpha/beta sample counter*. Dilakukan perhitungan radioaktivitas α dari cuplikan tersebut dalam unit Bq/m³.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data radioaktivitas alpha yang diperoleh dari peralatan monitoring udara buang *SmartCam*, dengan mengambil nilai tertinggi radioaktivitas alpha (kronis) dalam 24 jam operasi alat. Dalam pengoperasian suatu alat, kemungkinan adanya kendala pada peralatan tersebut. begitu juga pengoperasian *SmartCam*, kendala tersebut disebabkan oleh terputusnya aliran listrik, baik dalam orde detik maupun dalam orde jam (listrik

padam dari PLN), kendala yang lain misalkan kertas filter ataupun *charcoal* habis saat sedang beroperasi. Apabila kendala tersebut terjadi, ditunjukkan dalam layar monitor "Paper Fault", perbaikan ataupun penyediaan bahan/alat yang diperlukan untuk mengoperasikan kembali alat tersebut, terkadang membutuhkan waktu yang sedikit lama, sehingga untuk segera mendapatkan data radioaktivitas udara buang diperoleh dengan cara mengoperasikan *air sampler* secara manual/secara tidak langsung. Dalam pengoperasian air sampler, secara teknis di lapangan banyak hal-hal yang harus selalu diperhatikan, diantaranya adalah menekan sedikit mungkin kebocoran pipa spiral dari pompa ke cerobong, mengatur jarak antara pompa dengan cerobong sependek mungkin, dan menjaga kestabilan putaran atau hisapan pompa. Selain hal yang tersebut diatas sistim pengambilan sampel udara buang dipengaruhi oleh beberapa parameter, antara lain aktivitas cacahan pada filter, jenis radiasi yang dicacah, efisiensi alat, *filter*, lama pencuplikan, laju pencuplikan, debit udara dan efisiensi pencacahan.

Hasil pemantauan udara buang IEBE periode Januari - Desember 2015, dapat dilihat pada tabel 1,2,3 dan 4, serta gambar 2 berikut ini :

Tabel 1. Tingkat radioaktivitas alpha udara buang IEBE, triwulan I

Radioaktivitas alpha (Bq/m ³)	Januari					Februai				Maret			
	7	14	21	28	30	5	13	17	25	4	10	20	25
	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
	0,01	0,01	0,06	0,01	0,01	0,01	0	0	0	0	0,08	0,01	0
MPC : 2 Bq/m ³ (α)													

Tabel 2. Tingkat radioaktivitas udara buang IEBE, pada triwulan II

Radioaktivitas alpha (Bq/m ³)	April					Mei				Juni			
	1	8	15	22	30	6	13	21	26	4	9	17	23
	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
	0,01	0,01	0,02	0,02	0	0,01	0	0,01	0,01	0,01	0	0,01	0,01
MPC : 2 Bq/m ³ (α)													

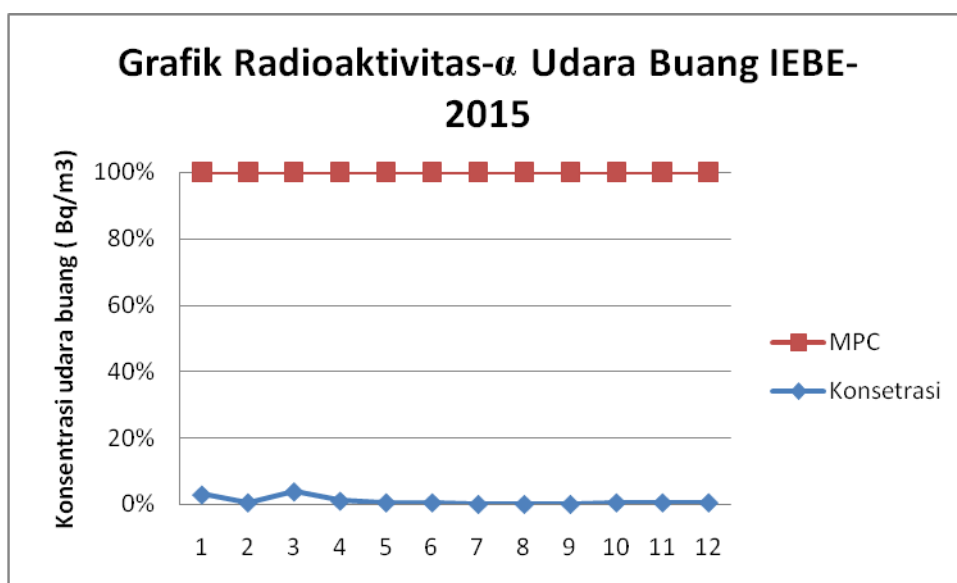
Tabel 3. Tingkat radioaktivitas udara buang IEBE, pada triwulan III

Radioaktivitas alpha (Bq/m ³)	Juli					Agustus				September			
	1	7	13	29		5	12	18	4	9	17	23	30
	α	α	α	α		α	α	α	α	α	α	α	α
	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0
MPC : 2 Bq/m ³ (α)													

Tabel 4. Tingkat radioaktivitas udara buang IEBE, pada triwulan IV

Radioaktivitas alpha (Bq/m ³)	Oktober				Nopember				Desember				
	7	15	2	28	3	11	17	24	2	8	16	22	30
	α	α	α	α		α	α	α	α	α	α	α	α
	0,01	0	0	0,01	0	0	0,01	0	0,01	0	0	0	0,01
MPC: 2 Bq/m ³ (α)													

Dari Tabel 1 sampai dengan 4, dapat dibuat grafik seperti berikut,



Gambar 2. grafik hubungan antara konsentrasi radioaktivitas alpha terhadap waktu pengambilan data - Tahun 2015

Konsentrasi udara buang IEBE tertinggi selama periode Januari - Desember 2015 untuk radiasi-α, sebesar 0,08 Bq/m³ tercatat pada bulan Maret, dengan laju hisap udara buang 35,56 lpm. Besaran konsentrasi radioaktivitas-α tertinggi pada bulan tersebut dikarenakan pada bulan tersebut sudah mulai dilakukan kegiatan litbang bahan bakar nuklir karena sudah mendekati triwulan ke dua. Namun nilai tertinggi diatas jika dibandingkan dengan batasan konsentrasi maksimum yang diijinkan (*Maximum Permissible Concentration*) masih jauh dibawah batas maksimum yang diijinkan, Ditunjang oleh *design* fasilitas, udara buang setelah melewati HEPA *filter*, dilepas ke lingkungan pada ketinggian cerobong 25 m. Dengan ketinggian tersebut akan terjadi pengenceran yang sangat besar terhadap konsentrasi radioaktivitas α. Pengenceran tersebut akan menyebabkan konsentrasi radioaktivitas *gross-α* yang dilepas ke

lingkungan menjadi sangat kecil, sehingga memungkinkan penerimaan radiasi yang sangat kecil terhadap masyarakat dan lingkungan sekitar Gedung 65 IEBE.

KESIMPULAN

IEBE sebagai instalasi nuklir non reaktor yang berfungsi untuk mengembangkan bahan bakar nuklir, harus mempertimbangkan keselamatan terhadap pekerja, masyarakat dan lingkungan. Untuk mencegah dampak negatif dari pengoperasian instalasi nuklir terhadap lingkungan sekitar, IEBE telah melakukan pengaturan sistim sirkulasi udara dildalam maupun diluar laboratorium dan pemantauan terhadap udara buang yang keluar dari cerobong. Hasil pemantauan yang dilakukan selama kurun waktu 2015, dengan menggunakan dua metode yang berbeda yaitu secara manual dan otomatis, menunjukkan tidak ada rilis yang melebihi batasan keselamatan yang telah ditentukan dari badan pengawas. Dari hasil tersebut dapat dinyatakan bahwa sistim pengaturan sirkulasi udara buang IEBE berlangsung baik dan memenuhi ketentuan keselamatan yang berlaku.

DAFTAR PUSTAKA

1. MARTIN A and HARBINSON S.A., An introduction to radiation protection, copy right, London, 1986.
2. Keputusan Kepala Bapeten nomor: 02/Ka.Bapeten/V-99, Baku tingkat radioaktivitas di lingkungan, Jakarta 1999
3. Laporan Analisis Keselamatan IEBE, PTBBN, No. Dok: KK20J09002, revisi 7, tahun 2012.
4. Lembar Data Pemantauan Radioaktivitas Daerah Kerja IEBE, Serpong 2015.