

PENENTUAN WAKTU SAMPLING UDARA UNTUK MENGUKUR KONTAMINAN RADIOAKTIF BETA DI UDARA DALAM LABORATORIUM AKTIVITAS SEDANG

Sri Wahyuningsih⁽¹⁾ dan Yusuf Nampira⁽¹⁾

1. Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir-BATAN
Kawasan Puspiptewk, Serpong, Tangerang

ABSTRAK

PENGUKURAN KONTAMINAN RADIOAKTIF BETA DI UDARA DALAM LABORATORIUM AKTIVITAS SEDANG. Instalasi Radiometalurgi merupakan laboratorium uji pasca irradiasi bahan bakar nuklir. Pengujian bahan tersebut secara radiokimia dilakukan di laboratorium aktivitas sedang. Dalam pengujian tersebut memungkinkan terjadinya penyebaran bahan radioaktif. Untuk mengukur radioaktivitas dalam udara yang dihasilkan dari lepasan bahan uji dibutuhkan penetapan parameter pengambilan sampel dan parameter pengukuran hingga aktivitas radiokontaminan dari pengujian dapat diukur secara optimum dengan meminimumkan gangguan pengukuran radioaktivitas dari bahan radioaktif alam. Pengukuran radioaktivitas kontaminan β dalam udara akibat dari kegiatan pengujian dapat memberikan hasil pengukuran yang akurat bila lama pengambilan sampel antara 20-30 menit dan tanpa penundaan (langsung).

Kata kunci : Waktu sampling, udara, kontaminan, radioaktif beta.

ABSTRACT

MEASUREMENT OF BETA RADIOACTIVE CONTAMINANT IN THE AIR OF MEDIUM ACTIVITY LABORATORY. Radiometallurgy Installation is used for Post Irradiation Examination (PIE) of nuclear fuel. The examination of spent fuel radio-chemically is done at medium activity laboratory. In this examination, the radioactive contaminant may be distributed in the air of working area. To measure radioactivity contaminant in the air caused by PIE activity, air sampling time must be determined and sample counting must be decayed in order to eliminate the natural radioactivity. The measurement result shows that the optimum air sampling time is 20-30 minutes and no decay time of air sample (directly).

Kata kunci : Sampling time, air, contaminant, beta radioaktif.

PENDAHULUAN

Instalasi Radiometalurgi (IRM) merupakan fasilitas uji pasca irradiasi di Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir. Bahan yang diuji adalah bahan bakar pasca irradiasi, yang terdiri dari uranium bahan hasil belah, bahan hasil biak dan nuklida hasil aktivasi neutron^[1,2]

Oleh sebab itu IRM merupakan salah satu fasilitas nuklir yang perlu diperhatikan terutama faktor keselamatan bagi pekerjaannya. Diantara faktor keselamatan yang perlu diperhatikan diantaranya adalah paparan radiasi dan tingkat radiokontaminasi dalam udara ruang kerja^[3]. Peraturan Badan

Pengawas Tenaga Nuklir mempersyaratkan bahwa tingkat kontaminasi radioaktif pemancar beta (β) dalam ruang labora-torium tidak boleh lebih dari 200 Bq/m³ [4].

Pembagian daerah atau area kerja di IRM berdasarkan zona radiasi dan kontaminasi dimaksudkan sebagai cara pengungkungan kontaminan. Daerah kerja IRM dibagi dalam empat zona, yaitu :

- Zona-I adalah area bebas radiasi dan kontaminasi dari kegiatan di IRM, seperti area perkantoran, disebut Daerah Kerja Tidak Aktif.
- Zona-II adalah zona radiasi rendah dan bebas kontaminasi atau tingkat kontaminasi di bawah nilai batas yang diijinkan ($D \leq 25 \mu$ Sv/jam), misalnya R 136.
- Zona-III adalah zona radiasi sedang dan kemungkinan potensi kontaminasi sedang atau melampaui batas yang diijinkan ($25 < D \leq 3000$ Sv/jam), misalnya R135.
- Zona-IV adalah zona radiasi dan kontaminasi tinggi ($D > 3000$ Sv/jam), seperti *hot cell*.

Pengujian sampel radioaktivitas tinggi dilakukan dalam bilik radiasi yang terpisah dari ruang proses dan ruang perbaikan. Beberapa bilik radiasi mempunyai pintu akses barang yang menghubungkan bilik radiasi dengan ruang perbaikan. Sampel analisis radiokimia disiapkan dalam lemari asam di ruang laboratorium aktivitas sedang. Untuk mengetahui unjuk kerja elemen bakar di dalam reaktor maka elemen bakar pasca irradiasi diuji dan analisis.

Dalam melakukan pekerjaan ini dimungkinkan terjadinya sebaran bahan radioaktif dalam bentuk padatan dan gas ke udara sekitar sumber kegiatan. Penyebaran

bahan radioaktif ke lingkungan laboratorium disebabkan oleh adanya kegagalan peng-kondisian atmosfer ruang isolasi dimana proses tersebut berlangsung, dan kemudian bahan-bahan ini keluar dari lemari asam ke ruang laboratorium.

Bahan radioaktif berbentuk gas dari lepasan bahan bangunan laboratorium berupa anak luruh uranium diantaranya ²²⁶Ra (1,60x10³ tahun) dan ²²²Rn (3,82 hari) hasil dari peluruhan ²³⁸U juga ²¹⁹Rn (3,96 detik) dan ²²³Ra (43 menit) hasil dari peluruhan ²³⁵U serta anak luruh ²³²Th yang diantaranya ²²⁰Rn, sedangkan radioaktif pemancar radiasi β dari bahan uji pasca irradiasi berasal diantaranya ¹³⁷Cs, ⁸⁵Kr dan ¹⁴⁴Ce. Radionuklida-radio-nuklida tersebut ditangkap dalam filter sampel. Oleh sebab itu dalam pengukuran radiokon-taminan yang berasal dari kegiatan yang dilakukan dalam laboratorium, perlu dilakukan pembedaan antara radionuklida dari ke dua sumber di atas, yaitu menghilangkan radiasi yang berasal dari radionuklida lepasan dari bahan bangunan.

Sehubungan dengan hal tersebut maka perlu dilakukan pengkondisian dari waktu pengambilan sampel sehingga radioaktivitas alam yang terikut dalam sampel mencapai nilai optimum sedangkan jumlah bahan radioaktif kontaminan yang berasal dari kegiatan mencapai nilai maksimum yang tergantung dari kemampuan alat pengambil sampel dan kondisi pengukuran yang dibutuhkan hingga gangguan dari radioaktivitas lingkungan minimum. Waktu pengambilan sampel udara dan waktu tunda pencacahan akan berpe-ngaruh terhadap tingkat radioaktivitas beta yang dihasilkan.

TEORI

Untuk mengetahui besarnya tingkat radioaktivitas udara dihitung menggunakan rumus sbb [5] :

$$A_k = N \times V \times E \dots \dots \dots (1)$$

dimana :

A_k = Aktivitas zat radioaktif β di udara (Bq/m^3)

N = Cacah netto (cps)

V = Volume udara yang dihisap (m^3)

E = Efisiensi (%)

Sedangkan radioaktivitas- β hasil pengukuran sampel yang diambil dalam variasi waktu tunda (Gambar 2) memiliki pola radioaktivitas- β dan peluruhan sama, yaitu mengikuti persamaan ^[1] :

$$A = A_0^{-0,693t/T_{1/2}} \dots \dots \dots (2)$$

dimana :

A_0 : radioaktivitas dalam sampel saat pengambilan sampel,

A : radioaktivitas saat pengukuran

T : waktu tunda

$T_{1/2}$: waktu paro radionuklida yang dominan memberi kontribusi radiasi dalam sampel.

TATA KERJA

• Alat

- Pompa hisap udara, merk Portable Dust Sampler , Type L100 240 V, Seri 671, debit 85 L/menit
- Pencacah *Beta model PSR-8*, Efisiensi 37,71 %
- *Petri disc* dan pinset
- Penyangga dudukan pompa (tinggi 1 meter)

• Bahan

- Kertas saring, *glass fibre papers* θ 58 mm, produk German

• Cara kerja

- Diambil sampel udara dengan pompa hisap selama 5 menit berjarak 1m dari lemari

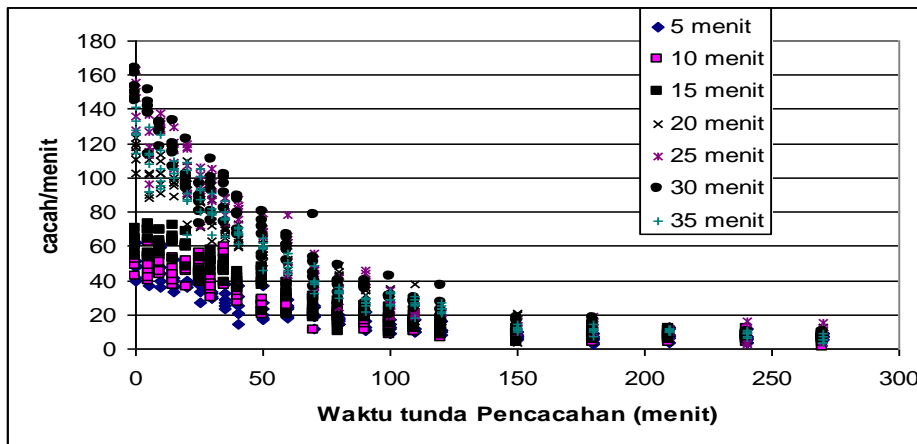
asam .

- DiUlangi langkah kesatu dengan waktu pengambilan sampel berturut-turut 5, 10, 15, 20, 25, 30, dan 35 menit.
- Sampel diambil dari pompa dengan petri disk dan pinset.
- Sampel dicacah menggunakan pencacah radiasi betha (PSR-8) dengan waktu tunda 5 menit.
- Ulangi langkah 4 dengan waktu tunda sampai 270 menit dengan selang waktu 5, 10 dan 30 menit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tingkat radioaktivitas kontaminan pemancar radiasi- β dalam udara laboratorium ditunjukkan dalam Tabel 1 (terlampir).

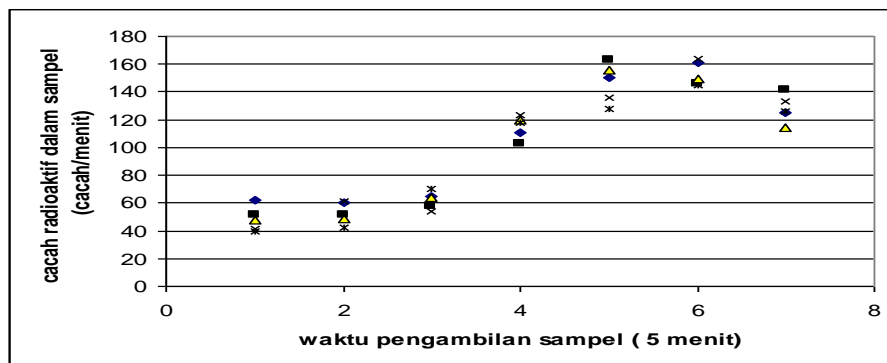
Hasil pencacahan radiokontaminan pemancar- β dalam hasil *sampling* udara laboratorium radioaktivitas menunjukkan hubungan cacah radiasi- β seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 1, sedangkan hubungan antara lama sampling terhadap cacah radioaktif dalam sampel ditunjukkan dalam Gambar 2. Dari Gambar 1 dan Tabel 1 pada Lampiran terlihat apabila waktu tunda semakin lama maka jumlah cacah per menit (cpm) semakin kecil, demikian sebaliknya. Hal ini disebabkan sebagian unsur radioaktif yang mempunyai waktu paruh pendek sudah meluruh sedangkan yang waktu paruhnya lebih panjang belum mengalami peluruhan. Misalnya pada waktu tunda 10 menit dengan waktu pengambilan sampel selama 20 menit aktivitas β di udara sebesar 15.297 cpm, akan menurun menjadi sebesar 13.877 cpm apabila waktu tunda menjadi 20 menit. Demikian pula untuk waktu tunda yang lain akan menunjukkan kecenderungan yang hampir sama.



Gambar 1. Hubungan antara cacah sampel dan waktu tunda pencacahan

Apabila ditinjau dari waktu pengambilan sampel terhadap aktivitas β udara seperti terlihat pada Gambar 2 dapat dikatakan bahwa semakin lama waktu pengambilan sampel akan diperoleh jumlah bahan radioaktif/partikel yang ditangkap oleh kertas filter akan semakin banyak. Akan tetapi bila waktu pengambilan sampel tersebut melebihi dari 30 menit akan terjadi pelepasan kembali partikel yang telah ditangkap oleh filter. Hal ini disebabkan oleh hisapan pompa penghisap udara yang secara terus menerus digunakan dalam sampling radiokontaminan udara dalam sampel dan kertas filter telah mengalami kejenuhan.

Oleh sebab itu tingkat pencacahan radiokontaminan dalam filter sampel akan mencapai optimum bila sampel diambil selama waktu 20 sampai 30 menit. Artinya pada pengambilan sampel dengan waktu kurang dari 20 menit terjadi kenaikan radioaktivitas yang tinggi (tidak stabil), dan demikian pula pada pengambilan sampel dengan waktu melebihi 30 menit penurunan radioaktivitas yang cukup tajam.

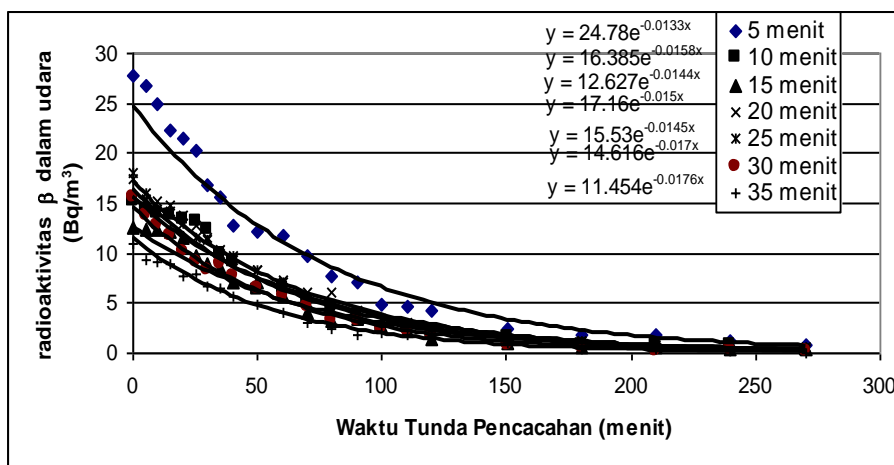


Gambar 2. Hubungan antara cacah radioaktif dalam sampel terhadap waktu pengambilan sampel

Gambar 1 di atas yang menggambarkan cacah/menit terhadap waktu tunda dibuat menjadi hubungan antara waktu pencacahan dengan radioaktifitas-β hasil sampling udara dapat dilihat dalam Gambar 3. Adapun hubungan tersebut mengikuti persamaan eksponensial ($Y=C_s e^{-cx}$), yang mana persamaan tersebut sesuai dengan peluruhan radioaktif (persamaan 2) yaitu $A=A_0 e^{-(0,693/T_{1/2})t}$. Persamaan yang diperoleh mempunyai nilai c antara 0,0133 dan 0,017, sehingga harga waktu paro ($T_{1/2}$) yang diperoleh dari pengukuran tersebut berkisar

diantara 40 menit dan 53.3 menit, yang menunjukkan waktu paro radionuklida anak luruh dari deret ^{235}U , ^{238}U dan ^{232}Th .

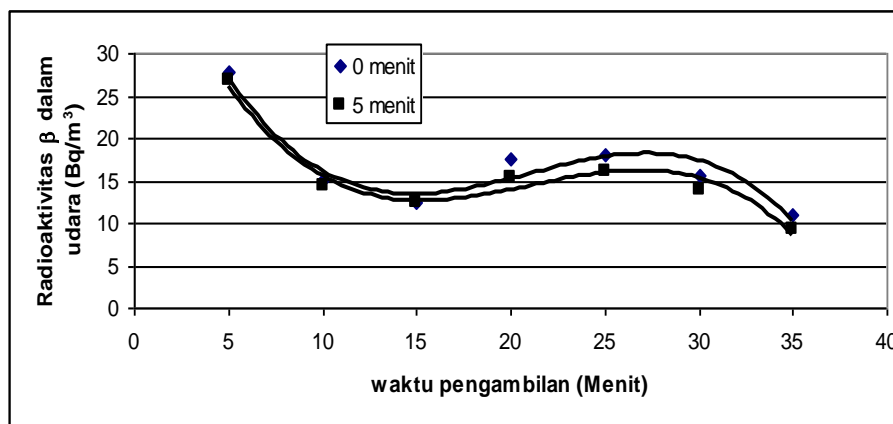
Hal ini menggambarkan radioaktif pemancar-β dari pengukuran dengan waktu tunda hingga 200 menit didominasi oleh radioaktifitas dari latar (dari bangunan). Oleh sebab itu untuk menentukan tingkat radioaktifitas-β dalam udara dari radionuklida yang terdapat dalam sampel membutuhkan waktu tunda pencacahan lebih besar dari 200 menit.



Gambar 3. Hubungan waktu tunda antara pencacahan terhadap radioaktifitas kontaminan β dalam udara

Demikian pula apabila Gambar 2 diubah menjadi hubungan antara waktu pengambilan sampel dengan radioaktifitas-β total dalam sampel terlihat bahwa hubungan tersebut menunjukkan radioaktifitas-β yang diperoleh dari penghisapan udara selama 20 sampai 30 menit adalah yang paling optimal.

Pada keadaan tersebut terjadi keseimbangan antara peluruhan radionuklida pemancar-β dari bahan radioaktif latar dalam udara yang ditangkap oleh filter dengan besar bahan radioaktif dalam udara yang ditangkap oleh udara.



Gambar 4. Pola aktivitas radiokontaminan- β dalam udara laboratorium dengan variasi waktu pengambilan sampel

SIMPULAN

Pengukuran radiokontaminan- β total (dari radioaktivitas bahan bangunan dan dari bahan uji) dalam udara laboratorium yang digunakan untuk kegiatan analisis radiokimia, memberikan hasil pengukuran yang akurat bila sampel diambil dalam waktu antara 20 - 30 menit dan tidak ada waktu tunda (langsung) sedangkan untuk mengetahui tingkat radiokontaminan- β dalam udara hasil kegagalan sistem keselamatan pengambilan sampel dilakukan dalam waktu 30 menit dengan waktu tunda pencacahan lebih dari 200 menit.

DAFTAR PUSTAKA

1. GERHART FRIEDLANDER, JOSEPH W. KENNEDY, EDWARD S. MACIAS, JULIAN MALCOLM MILLER.: *Nuclear and Radiochemistry*, John Wiley & Sons, hal 528-529, 536-539, 1981.
2. MANSON BENEDICT, THOMAS H. PIGFORD, HANS WOLFGANG LEVI.: *Nuclear Chemical Engineering*, 2nd ed. McGraw-Hill Book Company, hal 53-64, 1981.
3. SAFETY FUNDAMENTALS.: *The Safety of Nuclear Installations*, SAFETY SERIES No.110, IAEA, Vienna 1993.
4. BAPETEN.: *Ketentuan Keselamatan Tenaga Kerja Terhadap Radiasi*, 01/Ka-APETE/V-99.
5. Laporan Analisis Keselamatan (LAK) Instalasi Radiometalurgi (IRM), PTBN – BATAN, 2007.

LAMPIRAN

Tabel 1. Hasil pengukuran aktivitas sampel udara laboratorium aktivitas sedang

Aktivitas(Bq) Waktu tunda (menit)	Lama pengambilan sampel (menit)						
	5	10	15	20	25	30	35
Langsung	27.755	15.139	12.490	17.442	17.940	15.518	11.031
5	26.746	14.445	12.321	15.486	16.073	13.877	9.263
10	24.980	13.941	12.279	15.297	14.281	12.805	9.029
15	22.330	13.877	12.111	14.698	14.130	11.796	8.903
20	21.573	13.436	11.480	13.877	12.994	10.110	7.677
25	20.312	13.120	9.756	12.805	11.506	9.146	7.912
30	16.779	12.300	8.831	11.512	11.354	8.389	6.686
35	15.518	9.903	8.452	10.250	9.840	8.978	6.434
40	12.868	9.083	7.065	9.367	9.815	7.653	5.587
50	12.237	6.371	7.191	8.295	8.251	6.455	4.776
60	11.733	6.497	5.635	7.254	7.065	5.761	4.019
70	9.714	4.983	4.121	6.055	5.046	4.731	3.081
80	7.695	4.604	3.280	6.024	4.390	3.343	2.487
90	7.191	3.595	3.364	4.258	3.835	3.154	1.910
100	4.920	2.523	2.565	3.532	2.573	2.523	2.126
110	4.668	2.586	2.312	3.059	2.170	2.291	1.856
120	4.289	2.081	1.471	1.766	2.170	1.787	1.640
150	2.523	1.577	0.925	1.419	1.160	0.799	0.919
180	1.892	0.820	0.672	1.198	1.135	0.651	0.504
210	1.766	0.756	0.672	0.788	0.656	0.294	0.486
240	1.261	0.820	0.504	0.473	0.580	0.315	0.288
270	0.883	0.126	0.420	0.378	0.529	0.189	0.036