

ANALISIS RADIONUKLIDA PADA AIR BUANGAN AC SPLIT IRM MENGGUNAKAN SPEKTROMETER GAMMA

Noviarty, Rosika K., Muradi.
Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir-BATAN, Kawasan Puspiptek, 15311

ABSTRAK

ANALISIS RADIONUKLIDA PADA AIR BUANGAN AC SPLIT IRM MENGGUNAKAN SPEKTROMETER GAMMA. Telah dilakukan analisis sampel air buangan AC Split IRM yang berasal dari laboratorium analisis kimia bahan nuklir R-133 dan R-134. Analisis dilakukan menggunakan Spektrometer Gamma dengan tujuan untuk mengetahui kandungan radionuklida yang terdapat dalam sampel cuplikan. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada sampel cuplikan air buangan AC Split diperoleh nilai cacah U-235, Pb-214, Cs-137 dan K-40 lebih kecil dibandingkan dengan hasil dari nilai cacah blanko yang berasal dari air bebas mineral. Nilai cacah yang diperoleh berada pada range cacahan blanko (tidak terdeteksi). Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa sampel cuplikan tidak mengandung radionuklida, sehingga dapat dinyatakan bahwa tidak ada lepasan radioaknuklida yang terlepas melalui air buangan AC Split tersebut.

Kata kunci : Radionuklida, Air buangan, Spektrometri Gamma,.

PENDAHULUAN

Instalasi Radiometalurgi (IRM) adalah salah satu instalasi yang terdapat di Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir yang dimanfaatkan sebagai tempat untuk penelitian dan pengembangan teknologi bahan bakar nuklir sebelum diiradiasi ataupun setelah iradiasi, sehingga menghasilkan udara buang yang berpotensi menyebabkan kontaminasi Radionuklida yang terlepas ke lingkungan, melalui air kondensasi yang dibuang ke lingkungan dari AC Split yang berasal dari ruangan analisis kimia bahan nuklir ruang 133 dan ruang 134.

Ruang-133 adalah ruang untuk keperluan operasional alat analisis bahan nuklir Spektrometer ICP dan alat spektrometer emisi, sedangkan Ruang-134 adalah ruang operasional alat spektrometer gamma dan spektrometer alpha. Untuk keperluan operasional masing-masing alat tersebut, maka kondisi setiap ruang harus selalu berada pada suhu dan kelembaban

yang tinggi, maksimum dengan Suhu 21 °C dan Humiditas (kelembaban) maks. 63 %. Berdasarkan pada kondisi tersebut maka dilakukan pemasangan AC split di R-133 dan R-134. Namun terkait dengan keselamatan adanya pemasangan AC split akan berpotensi menyebabkan terlepasnya zat radioaktif kelingkungan melalui air kondensasi. Sehingga Bidang Keselamatan Kerja PTBN merasa perlu melakukan pengukuran radionuklida pada air buangan AC split yang berasal dari ruang 133 dan R-134, untuk pengendalian lepasan radionuklida ke lingkungan atmosferik dan akuatik agar tidak menimbulkan bahaya bagi manusia serta lingkungan.^[2]

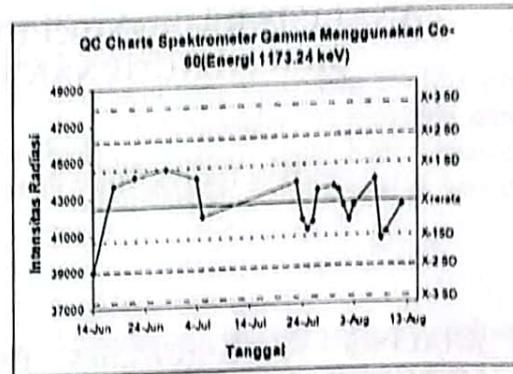
Pada Instalasi Radiometalurgi (IRM) air buangan AC split yang berasal dari ruangan proses analisis kimia bahan bakar nuklir dilaboratorium IRM ditampung dalam suatu wadah diluar ruang. Sebelum dilakukan pembuangan air buangan AC split tersebut ke lingkungan maka Bidang Keselamatan yang ada di Pusat Teknologi

Bahan Bakar Nuklir melakukan pemantauan dengan menganalisis kandungan radioaknuklida air buangan AC tersebut. Analisis kandungan radioaktinuklida air buangan AC split dapat dilakukan dengan menggunakan alat Spektrometer Gamma EG & G ORTEC yang terdapat di laboratorium fisika kimia IRM^[1,3].

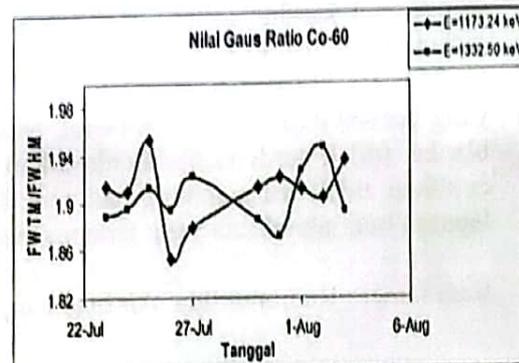
DASAR TEORI

Spektrometer Gamma merupakan alat analisis yang digunakan untuk identifikasi radionuklida dengan cara mengamati spektrum karakteristik yang ditimbulkan oleh interaksi radiasi dengan materi detektor. Pada Spektrometer Gamma ini detektor yang digunakan adalah detektor HPGe. Detektor HPGe ini dapat berfungsi dengan baik sebagaimana yang diharapkan jika detektor senantiasa didinginkan sampai temperatur -196°C,^[3]

Sebelum analisis dilakukan, terlebih dahulu dilakukan kalibrasi energi terhadap alat spektrometer gamma. Kalibrasi dilakukan pada energi gamma dengan menggunakan sumber standar Co-60, pada dua puncak energi yaitu energi 1173.24 keV dan energi 1332.50 keV.^[2] Selanjutnya diamati besarnya intensitas radiasi (cacahan radiasi) dan resolusi yang dihasilkan sesuai dengan puncak energi yang telah ditentukan. Resolusi ditentukan dari perbandingan antara *FWTM* (*Full Width at Tenth Maximum*) dan *FWHM* (*Full Width at Half Maximum*) yang biasa disebut dengan *Gauss ratio* (Gambar-1). Nilai *Gauss ratio* yang baik adalah berkisar antara 1,83 sampai dengan 2,00.^[1,3] . Besarnya cacahan radiasi dan resolusi yang dihasilkan diamati dan diplotkan ke dalam tabel *QC Charts* yang telah dibuat sebelumnya (gambar-1) Jika hasil kalibrasi sesuai dengan yang diharapkan maka pengukuran sampel cuplikan menggunakan spektrometer gamma dapat dilakukan.^[4]



Gambar-1 *QC Charts* Spektrometer-γ Energi 1173,24 KeV^[3]



Gambar-2 Nilai *Gauss Ratio* pada pengukuran Co60^[3]

Pengukuran Radionuklida sampel cuplikan dilakukan menggunakan spektrometer gamma dengan lama cacahan 10.000 detik. Selanjutnya besar Radionuklida dapat ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$\text{Aktivitas (dps)} = \frac{\text{Laju cacah (cps)}}{Y(E) \cdot \epsilon(E)} \dots\dots (1)$$

Dimana :

- Y(E) = yield harganya dilihat dari tabel isotop
- Laju cacah = Diperoleh dari cacah/ detik
- ε (E) = Efisiensi diperoleh dari kurva kalibrasi efisiensi Eu-152

TATA KERJA**Bahan:**

Sumber Standar Co-60 digunakan sebagai bahan untuk kalibrasi energi, Air bebas mineral digunakan sebagai blanko sampel, Sebagai sampel adalah air buangan AC yang bersal dari laboratorium analisis kimia bahan nuklir Ruang 133 dan Ruang 134 IRM.

Peralatan:

Wadah sampel untuk pengambilan sampel, dan Spektrometer Gamma EG&G ORTEC digunakan sebagai alat ukur energi gamma.

Prosedur Percobaan**1. Pengambilan dan preparasi sampel cuplikan :**

Pengambilan sampel pada air buangan AC IRM dilakukan oleh petugas Keselamatan dengan jumlah volume sampel 500ml untuk setiap sampel yang dianalisis. Sampel langsung diukur dengan alat spektrometer gamma.

2. Penyiapan kondisi operasi

Sebelum melakukan pengoperasian peralatan dilakukan pengkondisian ruangan dan peralatan sebagai berikut ^[2]:

- a. Kondisi ruangan : Suhu 21 °C. Humiditas maks. 63 %
- b. Dewar detektor telah terisi nitrogen cair paling lambat 7 jam sebelum operasi^[2]

3. Pengoperasian

Pengoperasian alat Spektrometer Gamma dilakukan dengan tahapan kerja sebagai berikut^[2]:

- a. Dinaikkan tegangan secara perlahan hingga mencapai 2,8 kV dengan cara memutar tombol *HV* yang terletak pada panel *MCA (Multi Chanel Analyse)* secara perlahan.
- b. Dilakukan kalibrasi peralatan menggunakan sumber standar Co-60, dengan lama pencacahan 1000 detik

- c. Dimasukkan nilai energi dari Co-60 yaitu energi 1173,24 keV dan energi 1332,50 keV.
- d. Diamati besarnya intensitas cacahan, *FWTM* dan *FWHM* yang dihasilkan pada *channel* energi 1173,24 keV dan *channel* energi 1332,50 keV.
- e. Dimasukkan besar intensitas cacahan yang diperoleh ke dalam Tabel *QC Chart* sesuai dengan energinya.
- f. Dimasukkan juga besar nilai *FWTM* dan *FWHM* yang diperoleh ke dalam Tabel *Gaus Ratio* pengukuran Co-60

4. Pengukuran Blanko Sampel

Pengukuran *blanko* sampel dilakukan dengan tahapan kerja sebagai berikut ^[2]

- a. Dilakukan pengukuran *blanko sampel* (Wadah kosong) dengan waktu cacah 10000 detik setelah alat terkalibrasi.
- b. Dilakukan analisis spektrum hasil pengukuran

5. Pengukuran Sampel Air buangan AC Split IRM

Pengukuran Sampel air buangan cerobong *AC* dilakukan dengan tahapan kerja sebagai berikut ^[2]

- a. Dilakukan pengukuran sampel air buangan AC dengan waktu cacah 10000 detik setelah alat terkalibrasi.
- b. Dilakukan analisis spektrum hasil pengukuran

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pengamatan kalibrasi energi gamma menggunakan sumber standar Co-60, yang dilakukan pada dua puncak energi yaitu pada energi 1173,24 keV dan 1332,50 keV. diperoleh besarnya intensitas cacahan energi pengukuran sebesar 42659 untuk energi 1173,24 keV dan 39565 untuk energi 1332,50 keV Nilai cacahan yang diperoleh dimasukkan ke dalam nilai *QC charts* (Gambar-1) Spektrometer Gamma yang telah dibuat

sebelumnya. Dari nilai cacahan tersebut terlihat bahwa Nilai cacahan intensitas energi Co-60 berada di daerah batas yang dibolehkan, hal ini menunjukkan bahwa detektor berfungsi baik sehingga pengukuran sampel dapat dilakukan.

Selanjutnya dilakukan pengamatan resolusi dari alat spektrometer gamma, karena nilai resolusi akan berpengaruh kepada hasil pengukuran Resolusi ditentukan dari perbandingan antara *FWTM (Full Width at Tenth Maximum)* dan *FWHM(Full Width at Half Maximum)* yang biasa disebut dengan *Gauss ratio*. Nilai *Gauss ratio* yang baik adalah berkisar antara 1,83 sampai dengan 2,00^[1,2] Pada pengamatan resolusi alat spektrometer gamma yang dinyatakan dalam *gauss ratio* diperoleh nilai *gauss ratio* sebesar 1.928. Nilai *gauss ratio* yang diberikan masih berada dalam batas yang dibolehkan yaitu pada nilai 1.83 sampai dengan 2.00, seperti ditunjukkan pada Gambar-2, sehingga pengukuran sampel limbah dapat dilakukan.

Pada pengukuran sampel Cuplikan air buangan AC yang berasal dari ruang analisis kimia bahan nuklir R133 dan R134 IRM yang dilakukan dengan waktu cacah 10000 detik diperoleh besar cacah dan konfirmasi unsur Radionuklida yang terkandung dalam larutan seperti ditunjukkan pada Tabel-1.dan Tabel-2.

Dari Tabel-1 dan Tabel-2 hasil pengukuran sampel air buangan AC terlihat ada 7(tujuh) jenis nuklida yang terukur yaitu Np-237, U-235, Pb-214, Cs-137, Eu-152 dan K-40, namun hasil pengukuran radionuklida Np-237, Bi-214 dan Eu-152, mempunyai resolusi yang dinyatakan dalam nilai Gauss Ratio tidak sesuai dengan nilai harga gauss ratio yang dibolehkan yaitu 1.83 s/d 2.00^[1] sehingga bisa diabaikan karena hanya merupakan nois pengukuran, sedangkan untuk nuklida U-235, Pb-214, Cs-137 dan K-40 mempunyai nilai resolusi yang sesuai dengan nilai gauss rasio yang dibolehkan sehingga hasil pengukuran tersebut tidak bisa diabaikan.

Tabel-1 Data Hasil Pengukuran Sampel Air Buangan AC Split R.133 IRM

Unsur	Energi(KeV)	Cacah/10000dtk	Cacah.dtk	FWTM	FWHM	Gaus Ratio
NP-237	86.50	739±207	0.0739	2,8	1,33	2.10
U-235*	185.71	3171±174	0.3171	2,85	1,55	1.84
Pb-214*	351.3	598±93	0.0598	3,17	1,74	1,82
Pb-214*	580.15	552±59	0.0552	3,52	1,93	1,82
Bi-214	608.84	667±58	0.0667	3,65	1,6	2,28
Cs-137*	661.66	884±58	0.0884	3,18	1,73	1,84
Eu-152	959.52	149±41	0.0149	2,37	0,68	3,49
K-40*	1460.75	1856±47	0.1856	4,41	2,34	1,88

Keterangan : (*) Nilai cacah yang memenuhi nilai Gauss Ratio

Tabel-2 Data Hasil Pengukuran Sampel Air Buangan AC Split R.134 IRM

Unsur	Energi(KeV)	Cacah/10000dtk	Cacah/detik	FWTM	FWHM	Gaus Ratio
NP-237	86.50	874±210	0.0874	2.55	1.10	2.32
U-235*	185.71	3430±177	0.3430	2.74	1.40	1.96
Pb-214*	351.3	648±92	0.0648	2.68	1,38	1,94
Pb-214*	580.15	468±61	0.0468	2.93	1,49	1.97
Bi-214	608.84	582±57	0.0582	2.76	1,62	1.70
Cs-137*	661.66	986±58	0.0986	3.52	1,82	1.93
Unsur	Energi(KeV)	Cacah/10000dtk	Cacah/detik	FWTM	FWHM	Gaus Ratio

Eu-152	959.52	149±41	0,0149	2,37	0,68	3,48
K-40*	1460.75	1775±47	0,1775	4,48	2,33	1,90

Keterangan : (*) Nilai cacah yang memenuhi nilai Gauss Ratio

Tabel-3 Data Hasil Pengukuran Blanko Sampel

Unsur	Energi(KeV)	Cacah/10000 dtk	cps	FWTM	FWHM	Gaus Ratio
NP-237	86.50	576±228	0.0576	1.86	0.72	2.58
U-235*	185.71	3715±180	0.3715	3.41	1.84	1.85
Pb-214*	351.3	645±115	0.0645	3.32	1,75	1.90
Pb-214*	580.15	615±66	0.0615	4.36	2.18	2.00
Bi-214	608.84	751±73	0.0751	4.53	2.14	2.11
Cs-137*	661.66	1140±73	0.1140	3.51	1,78	1.97
Eu-152	959.52	116±51	0.0116	2,37	0,68	3,48
K-40*	1460.75	1930±61	0.1930	4.48	2,33	1.92

Keterangan : (*) Nilai cacah yang memenuhi nilai Gauss Ratio

Untuk melihat apakah hasil pengukuran nuklida U-235, Pb-214, Cs-137 dan K-40 merupakan nuklida yang berasal dari hasil pengukuran sampel, maka dilakukan pengukuran blanko sampel dari air bebas mineral, selanjutnya hasil pengukuran sampel dibandingkan dengan hasil pengukuran blanko (Tabel-3). Dari hasil perbandingan antara hasil pengukuran nuklida pada sampel dengan hasil pengukuran nuklida blanko dilihat dari nilai penyimpangannya dan nilai cacah. Dari nilai cacah terlihat bahwa nilai cacah U-235, Pb-214, Cs-137 dan K-40 lebih kecil dari nilai cacah blanko dan berada pada range cacahan blanko, sehingga dapat diabaikan (tidak terdeteksi). Tidak adanya radionuklida yang terdeteksi pada sampel air buangan AC split yang berasal dari laboratorium analisis kimia bahan nuklir adalah disebabkan karena udara dalam ruangan tersebut tidak terkontaminasi radionuklida. Hal ini dibuktikan dengan hasil pantauan kontaminasi udara oleh petugas keselamatan (Subbid PDK-BK PTBN). Hasil pemantauan udara yang dilakukan jauh dibawah batas kontaminasi yaitu 0.1 Bq/m^3 , sedangkan batasan udara yang terkontaminasi radioaktif dipakai untuk

kadar U235 dan U238 dalam harian sebesar 20 Bq/m^3 ^[7].

SIMPULAN

Hasil pengukuran sampel air buangan AC Split yang dari berasal laboratorium analisis kimia bahan nuklir Ruang 133 dan Ruang 134 diperoleh bahwa tidak ada kontaminan radionuklida pada air buangan AC Split tersebut. Dengan demikian dapat disimpulkan tidak ada lepasan radioaknuklida yang terlepas melalui air buangan AC Split tersebut. Dan air buangan AC Split tersebut dapat dibuang kelingkungan karena tidak akan menyebabkan bahaya terhadap manusia dan lingkungan

PUSTAKA

1. BAPETEN "Materi Rekualifikasi Petugas Proteksi Radiasi Bidang Instalasi Nuklir", Jakarta, Tahun 2003
2. MEMO "Permintaan Air Buangan AC R-133 dan R134 Gedung 20" Bidang Keselamatan Kerja PTBN kepada Bidang Pengembangan Radiometalurgi, 29 Juli 2011
3. EG & G ORTEC, "Operator's Manual Spectrometer Gamma EG & G ORTEC", Tennessee, USA.
4. NOVIARTY dkk, "Kontrol Kinerja Spektrometer Gamma Menggunakan Metoda *Quality control chart*" Prosiding Seminar Fungsional Non Peneliti PTKMR Desember 2007 ISSN:1978=9971
5. WISNU SUSETYO "Spektrometri Gamma" Gajah Mada University Press Yogyakarta, 1988
6. Prof. Dr Yukio Murakashi dkk "Buku Data Radiasi" Chizing Pustaka Japan., 1982.
7. ANONIM "Hasil Pemantauan Daerah Kerja Ruang Laboratorium IRM" Subbid PDK-BK PTBN 2010.

TANYA JAWAB

1. Ir. Antonio Gogo

Nilai cacah yang diperoleh berada pada range cacah blanko (tidak terdeteksi). Bila seandainya ada, ada kemungkinan darimana radionuklida tersebut ? (AC R-133 & R-134)

✓ Noviarty :

Bila ada radionuklida tersebut dalam cacahan blanko, berarti ruangan lab. 133 dan lab. 134 udaranya sudah terkontaminasi radionuklida yang berasal yang berasal dari kegiatan analisis bahan nukir.

2. Yuwono

- Apa yang melatarbelakangi dilakukan penelitian ini ?
- Dalam melakukan sampling air buangan AC, berapa frekuensi dilakukan pengukuran ?

✓ Noviarty :

- Sudah dijelaskan dalam pendahuluan.
- Air buangan AC diambil oleh petugas keselamatan, air buangan dicuplik dengan mengaduk tangki/ wadah penampungan terlebih dahulu, sehingga sampel/ cuplikan homogen.

3. Ngatijo

Nilai cacah sampel lebih kecil daripada cacah blanko (ABN), mengapa bias demikian. Apakah ABN dimungkinkan telah terkontaminasi ?

✓ Noviarty :

- Nilai cacah sampel lebih kecil dari cacah blanko (ABN), namun bila dilihat dari SD (penyimpangannya) masih masuk dalam range cacah blanko (lihat bahasan).
- Air buangan AC diambil oleh petugas keselamatan, air buangan dicuplik dengan mengaduk tangki/ wadah penampungan terlebih dahulu, sehingga sampel/ cuplikan homogen.

4. Budi Prayitno

Hipotesa dalam makalah ini tidak kuat. Perlu ditambahkan bahwa permintaan untuk menganalisa ini dari TIM audit BAPETEN, karena sebelumnya sudah jelas ruangan tersebut tidak terkontaminasi, jadi tidak mungkin air buangan itu terkontaminasi. Agar tidak membingungkan isi makalah ini, pada kesimpulan harus ditambahkan bahwa keraguan dari BAPETEN tersebut sebetulnya tidak benar. (juga di hipotesa dijelaskan bahwa ini permintaan BAPETEN).

✓ Noviarty :

Pada makalah sudah dijelaskan ada pemasangan AC Split pada ruangan tersebut, dan ini menyalahi aturan keselamatan (desain). Jadi tidak perlu dijelaskan dalam makalah.