

## ANALISIS KONSENTRASI I-131 LEPASAN UDARA CEROBONG DI REAKTOR SERBA GUNA GA. SIWABESSY

YULIUS SUMARNO, UNGGUL HARTOYO, FAHMI ALFA MUSLIMU

*Pusat Reaktor Serba Guna-BATAN  
Kawasan Puspitek Serpong, Tangerang 15310, Banten  
Telp. 021.7560908, Faks. 7560573*

### **Abstrak**

**ANALISIS KONSENTRASI I-131 LEPASAN UDARA CEROBONG DI REAKTOR SERBA GUNA GA SIWABESSY.** Lepas udara buang dari cerobong Reaktor Serba Guna GA. Siwabessy harus dipantau setiap saat karena punya dampak bagi masyarakat dan lingkungan. Gas iodine adalah salah satu yang harus dipantau setiap saat terutama pada saat reaktor beroperasi, mengingat gas iodine yang melebihi ambang batas sangat berbahaya apabila terhirup oleh manusia. Pengendalian dilakukan dengan cara mengambil cuplikan dengan sistem KLK06 CR004, yang selanjutnya hasil cuplikan diukur radioaktivitasnya menggunakan spektrometer  $\gamma$ . Dengan diketahuinya laju alir pada cerobong dan lama operasi dalam satu tahun maka dapat ditentukan konsentrasi I-131 lepasan udara buangan dari cerobong Reaktor Serba Guna GA. Siwabessy yaitu  $9,918 \times 10^5$  Bq/tahun ( $2,678 \times 10^{-5}$  Ci/tahun). Hasil ini lebih kecil dari perhitungan dalam Laporan Analisis Keselamatan laju pelepasan udara buang dari cerobong untuk I-131 yaitu  $1,44 \times 10^3$  Ci/tahun.

*Kata kunci : Pengendalian lepasan I-131, cerobong*

### **Abstract**

**CONCENTRATION ANALYSIS I-131 STACK AIR RELEASE IN REAKTOR SERBA GUNA GA SIWABESSY.** Air throw releases away from stack Reaktor Serba Guna GA. Siwabessy must be observe every moment because has impact for society and environment. Iodine gas is one of the other must be observe every moment especially at the reactor operate; considering to iodine gas has exceed limit threshold very dangerous when sipped by human. Control is done by take citation with KLK06 CR004 system, later on citation result is measures the radioactivity uses light spectrometer  $\gamma$ . After knowing rate of flow in stack and long operation in one year so can be looked for concentration I-131 outcast air releases from stack Reaktor Serba Guna GA. Siwabessy that is  $9,918 \times 10^5$  Bq/year ( $2,678 \times 10^{-5}$  Ci/year). This result is smaller than air deliverance rapid calculation at Safety Analyses Report throws away from stack to I-131 that is  $1,44 \times 10^3$  Ci/year.

*Keywords: Control Releases I-131, stack*

### **PENDAHULUAN**

RSG-GAS merupakan instalasi nuklir yang secara rutin beroperasi dengan daya 15 MW untuk tujuan penelitian, irradiasi bahan dan lain-lain. Pada saat RSG-GAS beroperasi ada sejumlah zat radioaktif yang terlepas ke atmosfer. Oleh karena itu diperlukan sekali adanya sistem pengaman dan kendali yang cukup handal, untuk menjamin agar selama kegiatan pengoperasian RSG\_GAS tidak

membawa dampak bagi personil/manusia, pekerja radiasi maupun lingkungan. Program pemantauan daerah kerja merupakan upaya untuk mewujudkan keselamatan dengan melakukan kegiatan pemantauan laju dosis radiasi, tingkat kontaminasi udara dan permukaan daerah kerja dan konsentrasi udara buang dari cerobong ke lingkungan. Salah satu sistem pengendalian cerobong adalah pemantau lepasan Iodium.

Iodium harus dipantau setiap saat terutama pada saat reaktor beroperasi, mengingat gas iodium yang melebihi ambang batas sangat berbahaya apabila terhirup oleh manusia. Dengan terpantaunya gas iodium setiap saat, maka apabila terdeteksi kandungan iodium yang melebihi nilai ambang batas dapat memberi laporan kepada supervisor reaktor untuk mengambil tindakan penyelamatan (memadamkan reaktor)

### **METODOLOGI**

Dari *design* Reaktor Serba Guna, sebelum keluar dari cerobong telah dilengkapi dengan saluran udara tempat pemantauan udara buangan dan pengambilan sampel. Kegiatan pemantauan lepasan udara buang dari cerobong di RSG-GAS dilakukan dengan cara mengambil sampel buangan efluen gas sebelum dilepaskan ke atmosfer dengan pompa hisap. Udara yang di cuplik dialirkan kedalam sebuah sistem pengukur menggunakan *fiber filter* (filter serat kaca) dan *charcoal* (arang aktif), kemudian udara dialirkan kembali ke cerobong. Filter serat kaca menangkap partikel-partikel aktif yang ada pada udara hisap sedangkan arang aktif menangkap gas iodium.

### **Pengukuran dengan Spektrometer $\gamma$**

Cuplikan yang telah diambil dari sistem KLK06 CR004 selanjutnya diukur radioaktivitasnya menggunakan spektrometer  $\gamma$ . Pengukuran aktivitas dengan spektrometer  $\gamma$  dilakukan menggunakan detektor *high purity germanium* (HPGe) yang memiliki efisiensi relatif 10 %. Arang aktif cuplikan dimasukkan ke dalam wadah merinelli ditempatkan di atas permukaan planset detector HPGe. Cuplikan dicacah selama lebih dari 16 jam. Perlakuan dan kondisi cuplikan saat pencacahan harus sama dengan kondisi saat kalibrasi efisiensi menggunakan sumber standar. Metode spektrometer  $\gamma$  merupakan metode pengukuran relative sehingga untuk identifikasi jenis nuklida dan pengukuran radioaktivitasnya diperlukan kalibrasi pada spektrometer, yaitu kalibrasi energi dan kalibrasi efisiensi menggunakan sumber standar.

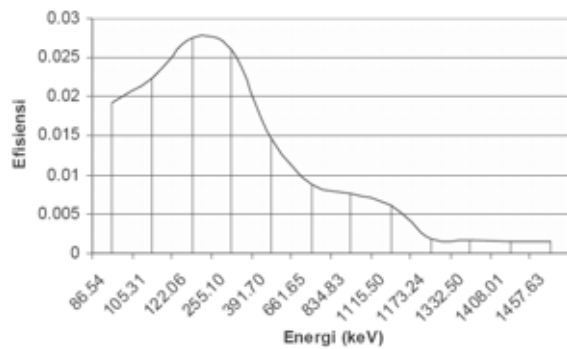
### **Kalibrasi Energi**

Tinggi pulsa yang dihasilkan oleh detektor dan penguat setara dengan tenaga sinar  $\gamma$  yang mengenai detektor. Cacah pulsa-pulsa

yang mempunyai tinggi sama, dicatat dalam suatu alur dengan nomor tertentu. Dengan demikian, nomor salur penganalisis salur ganda juga sebanding dengan tenaga sinar  $\gamma$ . Untuk suatu perangkat spektrometer  $\gamma$  dan satu setting kondisi kerja (tegangan tinggi, gain penguat, dan lain-lain) perlu dicari hubungan antara nomor salur dan tenaga. Hal ini dilakukan dengan jalan mencacah beberapa sumber radioaktif standar yaitu sumber yang sudah diketahui tenaganya dengan tepat. Kalibrasi energi pada *multichannel analyzer* (MCA) dimaksudkan untuk mengubah cacahan sebagai fungsi kanal (channel) menjadi cacahan sebagai fungsi energi. Untuk melakukan kalibrasi energi digunakan sumber standar cair multi energi yang berisi nuklida Eu-155 (86,5keV dan 105,31 keV), Co-57 (122,1 keV dan 136,5 keV), Sn-113 (255,1 keV dan 391,7 keV), Cs-137 (661,65 keV), Mn-54 (834,8keV), Zn-65 (1115,5 keV), Co-60 (1173,24 keV dan 1332,5 keV) dicacah dengan alat spektrometer  $\gamma$  untuk mengetahui energi yang dihasilkan oleh sumber standar tersebut. Hasil Kalibrasi energi selanjutnya digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan nuklida I-131 pada cuplikan berdasarkan nilai energinya.

### **Kalibrasi Efisiensi**

Kalibrasi efisiensi dilakukan untuk mengetahui efisiensi cacahan detektor pada energi gamma yang dipancarkan dari nuklida I-131 (364,48 keV dan 636,97). Nilai efisiensi cacahan detektor yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk menghitung konsentrasi nuklida I-131 di dalam cuplikan. Untuk melakukan kalibrasi efisiensi dibutuhkan sumber standar dengan kondisi pencacahan yang sama ; wujud, geometri, energi gamma, dan lama pencacahan yang sama dengan cuplikan. Apabila tidak didapatkan sumber standar dengan energi yang sama maka masalah ini diatasi dengan membuat kurva efisiensi sebagai fungsi energi. Kurva efisiensi dibuat dengan mencacah sumber standar multi energi gamma dengan energi antara puluhan hingga ribuan keV. Sumber standar cuplikan udara yang digunakan adalah Multi- Gamma Ray Standar Model 530g 500ml MB-resin yang diproduksi oleh CANBERRA INDUSTRIES, INC. Hasil kalibrasi efisiensi dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1. Kurva Efisiensi Sebagai Fungsi Energi

### Konsentrasi I-131

Radionuklida I-131 di dalam cuplikan diidentifikasi berdasarkan nilai energi (puncak) yang ditampilkan dalam spectrum sinar- $\gamma$ . Puncak dari nuklida I-131 ada dua namun yang paling tinggi adalah pada energi 364,48 keV karena kelimpahan gammanya yang besar yaitu 81,2 %. Aktivitas nuklida ( $A_i$ ) dalam cuplikan dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$A_{(i)} = \frac{\text{cps}}{\epsilon \cdot I_{\gamma}} \quad (\text{Bq}) \quad (1)$$

dengan  $A_i$  adalah aktivitas nuklida I-131, cps adalah cacah per detik yang ditampilkan oleh MCA,  $\epsilon$  adalah nilai efisiensi energi berdasarkan hasil kalibrasi energi, dan  $I_{\gamma}$  adalah kelimpahan sinar- $\gamma$  dari puncak energi nuklida I-131.

Konsentrasi nuklida I-131 dalam cuplikan (C) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$C = \frac{A_i}{v} \quad (\text{Bq/m}^3) \quad (2)$$

Dengan C adalah konsentrasi I-131 cuplikan,  $A_i$  adalah aktivitas nuklida I-131, dan v adalah volume udara yang melewati filter.

Konsentrasi I-131 total yang keluar dari cerobong reaktor tahunan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$C_t = C \times V \times T \quad (\text{Bq/tahun}) \quad (3)$$

dengan  $C_t$  adalah konsentrasi I-131 keluaran cerobong dalam satu tahun,  $V$  adalah laju alir udara buang dari cerobong ( $\text{m}^3/\text{jam}$ ),  $T$  adalah lama operasi reaktor dalam satu tahun (jam)

### TATA KERJA

Bahan dan Peralatan yang digunakan

1. Filter serat kaca model TFAGF41 diameter 4 inch dengan ukuran partikel 0,3 mikron. Filter serat kaca berguna untuk menangkap partikel-partikel aktif yang ada pada udara hisap.
2. *Charcoal* (arang aktif) berguna untuk menangkap gas iodium.
3. Pencuplik udara menggunakan alat buatan Herfurth GmbH, Tipe H 1381(KLK06 CR004). Pencuplik udara KLK06 CR004 adalah alat yang di *design* untuk menangkap I-131. Alat ini terdiri dari rangkaian elektronik, pengatur temperatur, sebuah pompa hisap udara, wadah arang aktif, dan penunjuk debit udara (*flow meter*). Sebagian kecil udara yang akan keluar lewat cerobong dihisap dan dialirkan lewat sistem KLK06 CR004 dengan melewati filter serat kaca dan filter arang aktif. Selanjutnya udara dialirkan kembali ke cerobong dan dibuang ke lingkungan. Alat Pencuplik udara KLK06 CR004 dapat dilihat pada Gambar 2 dan wadah arang aktif dilihat pada Gambar 3.
4. Wadah merinelli
5. Satu set peralatan cacah MCA untuk menghitung hasil cacahan.

Sampel cuplikan diambil pada saat reaktor beroperasi daya 15 MW selama  $\pm 95$  jam, kemudian dicacah selama  $\pm 60.000$  detik.



Gambar 2. Sistem Pencuplik Udara KLK06 CR004



Gambar 3. Wadah Filter Arang Aktif

### HASIL DAN PEMBAHASAN

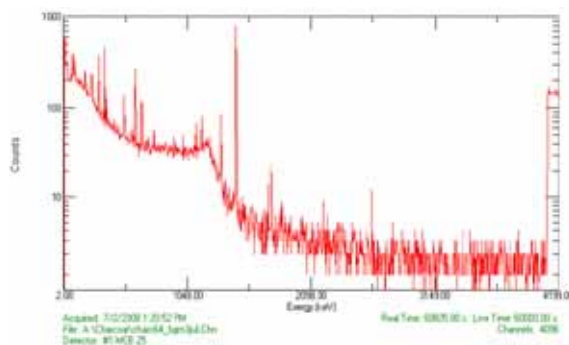
Langkah pertama dari penelitian ini adalah mencacah latar arang aktif yang akan digunakan sebagai filter gas iodine dalam waktu yang sama dengan waktu yang akan digunakan untuk mencacah hasil cuplikan, yaitu 60.000 detik. Kemudian ambil sampel udara buangan cerobong dari tempat yang sudah disediakan menggunakan sistem KLK06 CR004. Dari hasil cacah latar didapat beberapa nuklida yang dapat dilihat pada Gambar 3 dan Tabel 1 dengan cacah < 848 (< 0,014 cps), dan puncak yang cukup tinggi pada gambar spektrum nuklida K-40 pada energi 1460,75 k eV dengan cacahan 1847 ( 0,031 cps ). Kandungan nuklida dalam cuplikan dapat dilihat pada Gambar 5 dan Tabel 2. Dari beberapa kali pengambilan sampel cuplikan hanya ada kenaikan hasil cacah yang cukup berarti pada nuklida I-131 pada energi 364,48 k eV. Sedangkan untuk nuklida K-40 dengan energi 1460,75 k eV meskipun pada spectrum tampak tinggi, tapi masih sama dengan cacah latar (lihat gambar spektrum).

Tabel 1. Hasil Pengukuran Cacah Latar

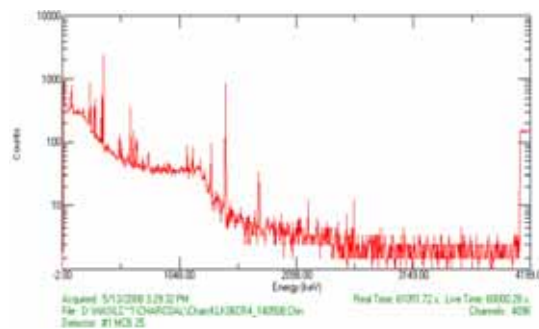
No.	Nuklida	Energi (k eV)	Cacah (cps)
1	Ba-131	239,63	83
2	Pb-214	351,99	848
3	I-131	364,48	128
4	Rh-106	511,80	268
5	Bi-214	609,32	499
6	Cs-137	661,62	181
7	Co-60	1173,23	93
8	K-40	1460,75	1847

Tabel 2. Hasil Pengukuran Cacah Sampel

No.	Nuklida	Energi (k eV)	Cacah (cps)
1	I-131	80,18	1841
2	Ba-131	239,63	815
3	Pb-214	295,22	931
4	I-131	364,48	5676
5	I-133	510,40	199
6	Bi-214	609,32	654
7	Cs-137	661,62	181
8	Co-60	1173,23	106
2	K-40	1460,75	1995



Gambar 4. Spektrum Cacah Latar Filter Arang Aktif



Gambar 5. Spektrum Cacah Sampel Filter Arang Aktif

Dengan membandingkan antara Tabel 1 dan Tabel 2 akan tampak kenaikan yang cukup signifikan pada nuklida I-131 dengan energi 364,48.k eV. Konsentrasi I-131 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 1 dan 2.

Aktivitas nuklida I-131 pada cuplikan yang diambil pada tanggal 14 Mei 2008 ( $A_i$ ) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 1

$$A_{(i)} = \frac{\text{cps}}{\epsilon \cdot I_{\gamma}}$$

dengan :

$$\text{cps} = 0,0946$$

$$\varepsilon = 0,01689 \text{ (nilai efisiensi I-131 pada energi 364,48 k eV, lihat lampiran 1)}$$

$$I_{\gamma} = 0,812$$

Sehingga :

$$A_{(i)} = 6,90 \text{ Bq}$$

Konsentrasi nuklida I-131 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.

$$C = \frac{A_i}{v}$$

dengan :

$$v = 518 \text{ m}^3 \text{ (lihat debit udara cuplikan tanggal 14 Mei 2008 pada Tabel 3)}$$

Sehingga:

$$C = 1,33 \cdot 10^{-2} \text{ Bq/m}^3$$

Dengan cara yang sama semua hasil cuplikan dapat dihitung konsentrasinya. Hasil perhitungan cuplikan dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Konsentrasi I-131 Sistem Pencuplik KLK06 CR004

No.	Tanggal	Nuklida	Cacah (cps)	Volume (m <sup>3</sup> )	Konsentrasi (Bq/m <sup>3</sup> )	SK. No.02 / Ka-Bapeten / V-1999 Nilai Batas radioaktivitas di udara (Bq/m <sup>3</sup> )
1	14-05-08	I-131	0,0946	518	1,33.10 <sup>-2</sup>	400
2	28-05-08	I-131	0,0744	499	1,1.10 <sup>-2</sup>	400
3	03-06-08	I-131	0,1026	516	1,45.10 <sup>-2</sup>	400
4	18-06-08	I-131	0,0191	500	2,78.10 <sup>-3</sup>	400
5	25-06-08	I-131	0,0061	501	4,43.10 <sup>-3</sup>	400
6	29-06-08	I-131	0,0384	541	5,17.10 <sup>-3</sup>	400
7	02-07-08	I-131	0,00495	272	1,33.10 <sup>-3</sup>	400

Setelah didapat konsentrasi hasil cuplikan, dengan menggunakan persamaan 3 dapat dicari Konsentrasi I-131 udara buangan dari cerobong RSG-GAS.

$$C_t = C \times V \times T$$

dengan:

$$C = 1,45 \cdot 10^{-2} \text{ Bq/m}^3 \text{ (diambil yang terbesar)}$$

$$V = 18.000 \text{ m}^3/\text{jam} \text{ (laju alir udara rerata di cerobong)}$$

$$T = 3800 \text{ jam/tahun (lama operasi maksimum pertahun)}$$

$$C_t = 1,45 \cdot 10^{-2} \times 18.000 \times 3800$$

$$C_t = 9,918 \cdot 10^5 \text{ Bq/tahun (2,678 x 10}^{-5} \text{ Ci/tahun)}$$

Laju lepasan I-131 pada cerobong menurut Laporan Analisis Keselamatan (LAK) RSG-GAS 1,44 x 10<sup>-3</sup> Ci/tahun. Dari hasil perhitungan di atas tampak bahwa pelepasan I-131 dari cerobong RSG-GAS 2,678 x 10<sup>-5</sup> Ci/tahun lebih kecil dibandingkan dengan hasil perhitungan lepasan I-131 dari LAK RSG-GAS.

## KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan konsentrasi I-131 pada lepasan udara buang cerobong RSG-GAS dengan metode spektrometri sinar- $\gamma$  diperoleh konsentrasi lepasan I-131 lebih kecil dari pada menurut perhitungan laju lepasan di LAK RSG-GAS dan nilai batas dari BAPETEN.

## DAFTAR PUSTAKA

1. ANONIMOUS KEPUTUSAN KEPALA BAPATEN Nomor :02/Ka-BAPETEN/V-99, Tentang : BAKU TINGKAT RADIOAKTIVITAS DI LINGKUNGAN.
2. ANONIMOUS Pusat Reaktor Serba Guna, 2007, "Laporan Analisis Keselamatan Pusat Reaktor Serba Guna G.A. Siwabbesey revisi 9 PRSG", Serpong
3. WISNU SUSETYO, 1988, *Spektrometri Gamma dan Penerapannya Dalam Analisis Pengaktifan Neutron*, Gadjah Mada University Press.
4. RASITO, DKK 2007, "Konsentrasi Radon di Udara PTNBR-BATAN BANDUNG", Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir PTNBR-BATAN Bandung 17-18 Juli.

**LAMPIRAN**

Tabel 4. Hasil Kalibrasi Efisiensi Sumber Mix. 19 Mei 2008

Energi (keV)	Effisiensi	Energi (keV)	Effisiensi	Energi (keV)	Effisiensi	Energi (keV)	Effisiensi
86.54	0.0192	255.1	0.02596	834.83	0.0076	1332.5	0.00167
88.41	0.01952	268.76	0.02483	862.9	0.00746	1340.05	0.001659
90.28	0.01984	282.42	0.02369	890.96	0.00731	1347.6	0.001648
92.15	0.02016	296.08	0.02256	919.03	0.00717	1355.15	0.001637
94.03	0.02048	309.74	0.02142	947.1	0.00703	1362.7	0.001626
95.91	0.208	323.4	0.02029	975.16	0.00688	1370.25	0.001615
97.79	0.02112	337.06	0.01916	1003.23	0.00674	1377.8	0.001604
99.67	0.02145	350.72	0.01802	1031.3	0.0066	1385.55	0.001593
101.55	0.02177	364.48	0.01689	1059.37	0.00646	1392.9	0.001582
103.43	0.221	378.04	0.01575	1087.43	0.00631	1400.45	0.001571
105.31	0.02243	391.7	0.01462	1115.5	0.00617	1408.01	0.00156
106.985	0.02294	418.695	0.01403	1121.27	0.00574	1457.63	0.00156
108.66	0.02345	445.69	0.01344	1127.05	0.00531		
110.335	0.02396	472.685	0.01285	1132.82	0.00489		
112.01	0.02447	499.68	0.01226	1138.6	0.00446		
113.685	0.02498	526.675	0.01167	1144.37	0.00403		
115.36	0.02549	553.67	0.01108	1150.14	0.0036		
117.035	0.026	580.665	0.01049	1155.92	0.00317		
118.71	0.0265	607.66	0.0099	1161.69	0.00275		
120.385	0.02701	634.655	0.00931	1167.47	0.00232		
122.06	0.02752	661.65	0.00872	1173.24	0.00189		
135.36	0.02736	678.97	0.00861	1189.17	0.001868		
148.67	0.02721	696.27	0.0085	1205.09	0.001846		
161.97	0.02705	713.6	0.00839	1221.02	0.001824		
175.27	0.0269	730.92	0.00827	1236.94	0.001802		
188.58	0.02674	748.24	0.00816	1252.87	0.00178		
201.88	0.02658	765.56	0.00805	1268.8	0.001758		
215.19	0.02643	782.88	0.00794	1284.72	0.001736		
228.49	0.02627	800.19	0.00782	1300.65	0.001714		
241.8	0.02612	817.51	0.00771	1316.57	0.001692		