

AKTIVITAS I-131 DALAM UDARA DI RUANG LABORATORIUM DAN CEROBONG
LAB PRODUKSI ISOTOP PRIMER

Rini Heroe Oetami,
Annas Halim, Mochammad Saleh

Pusat Penelitian Teknik Nuklir

ABSTRAK

AKTIVITAS I-131 DALAM UDARA DI RUANG LABORATORIUM DAN CEROBONG LAB PRODUKSI ISOTOP PRIMER. Telah dilakukan pengukuran aktifitas I-131 dalam udara di ruang Lab. dan cerobong Lab Produksi Isotop Primer untuk pengawasan tingkat keradioaktifan di udara mengingat kegiatan utama di dalam Lab. tersebut adalah memproduksi I-131 dan Mo-99 secara rutin. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan High Volume Air Sampler dikombinasi dengan Cartridge Charcoal yang mempunyai efisiensi tinggi untuk mengadsorpsi Yodium aktif. Charcoal dicacah secara kualitatif dengan menggunakan MCA Canberra Model 8180 dan secara kuantitatif dengan menggunakan Well Type Scintillation Counter yang telah dikalibrasi dengan sumber standar Ba-133 dan memberikan efisiensi sebesar 56,89%. Dari hasil pengukuran diketahui bahwa I-131 memberikan kontribusi aktifitas dalam udara sebesar $0,27 \times 10^{-9}$ - $37,6 \times 10^{-9}$ uCi/cm³ untuk udara di ruang Lab dan $1,40 \times 10^{-9}$ - $25,50 \times 10^{-9}$ uCi/cm³ untuk udara di dalam cerobong. Diberikan beberapa saran untuk mengurangi paparan.

ABSTRACT

IODINE-131 CONCENTRATION IN THE PRIMARY RADIOISOTOPES LABORATORY AND STACK AIR. The measurements of I-131 radioactive concentration in the Primary Radioisotope Laboratory Air and its Stack effluent have been carried out. The main purpose of these measurements are to monitor and control the level of the radioactive concentration in the air, considering that I-131 and Mo-99 are produced routinely in this laboratory. The measurements are carried out by using high volume air sampler combined with High Efficiency Cartridge Charcoal to adsorb radioactive I-131. Charcoal was measured qualitatively using 8180 Model Canberra Scintillation Counter MCA, and Well Type Scintillation Counter was used to measure it quantitatively. The Scintillation Counter used has been calibrated with Be-133 and has an efficiency of 56,89%. The result of the measurements showed that I-131 has its contribution to the activity of the air in the order $0,27 \times 10^{-9}$ - $37,6 \times 10^{-9}$ uCi /cm³ in laboratory air and $1,40 \times 10^{-9}$ - $25,50 \times 10^{-9}$ uCi/cm³ in the stack effluents. Some suggestions have been also given to reduce the radiation exposure.

PENDAHULUAN

Kegiatan utama di dalam Lab Produksi Isotop Primer adalah memproduksi I-131 dan Mo-99 dengan aktivitas mencapai kurang lebih 1 Ci untuk I-131 dan 500 mCi untuk Mo-99, untuk masing-masing per batch-nya. Mengingat kegiatan ini melibatkan pekerja radiasi yang bekerja secara rutin di dalam Lab tersebut maka perlu adanya suatu

tindakan proteksi terhadap radiasi bagi para pekerja. Salah satunya adalah tindakan tersebut adalah pengawasan tingkat keaktifan udara di dalam ruang Lab dan lingkungan, dengan mengukur keaktifan I-131 dalam udara. Monitoring untuk radiyodida, khususnya I-131 memberikan banyak masalah.

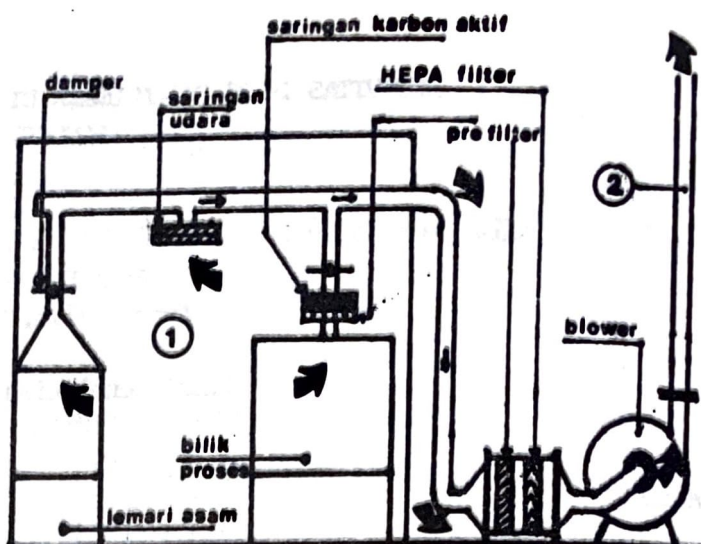
Unsur ini terkonsentrasi oleh tubuh di dalam kelenjar gondok dan berdasarkan hal tersebut maka nilai MPC untuk I-131 dalam udara pernapasan adalah sangat rendah yaitu : 9×10^{-9} uCi/cm³ untuk 40 jam kerja per minggu (1). Oleh sebab itu diperlukan peralatan yang khusus untuk membedakan aktivitas I-131 dari unsur radioaktif yang lain di udara. Faktor utama yang menjadi dasar pemilihan alat pencuplik adalah sifat dari bahan pencemar (contaminant) apakah berbentuk gas atau partikulat. I-131 berbentuk gas dapat dicuplik dengan cara adsorpsi. Adsorpsi adalah suatu peristiwa dimana lapisan monomolekuler dari gas terikat pada permukaan material partikulat tertentu. Kapasitas dari material partikulat tersebut bergantung kepada luas permukaan spesifik dari adsorbant (2). Material yang biasa dipakai sebagai adsorbant adalah karbon aktif, alumina aktif dan silica gel. Di dalam penggunaannya "adsorbent" ditempatkan di dalam wadah (container), dan udara yang akan disampling dialirkan melalui "adsorbent" tsb.

BAHAN DAN TATA KERJA

Di dalam melakukan pengambilan cuplikan I-131 di udara digunakan High Volume Air Sampler dari Atomic Product Corporation yang memiliki 2 buah adapter kombinasi model 199-244 untuk filter partikulat dan cartridge charcoal. Pada pencuplikan ini digunakan charcoal cartridge no 197-227 TEDA dari Atomic Product Corporation. Charcoal cartridge ini dirancang untuk mengevaluasi konsentrasi yodium aktif dan methilyodida yang radioaktif di udara serta mempunyai efisiensi tinggi untuk mengadsorpsi yodium aktif (4).

Ukuran cartridge adalah berdiameter 2,25 inchi dan tebal 1,08 inchi. Setiap cartridge berisi charcoal TEDA berukuran 12-16 mesh. Charcoal tertungkus secara uniform dan padat di dalam wadah cartridge. Bagian depan dan belakang cartridge keduanya ditutup dengan kawat kasa dan media filter khusus, sehingga butiran charcoal dapat berada pada posisinya pada saat dilalui udara.

Untuk penggunaannya cartridge charcoal dipasang pada adapter khusus untuk cartridge, kemudian digabungkan dengan "High Volume Air Sampler", dengan kecepatan aliran udara sebesar 20 cubic feet per menit udara dihisap. Pengambilan cuplikan dilakukan pada 2 lokasi dengan menggunakan 2 buah Air Sampler, masing-masing di dalam ruangan Lab dan pada cerobong Lab Produksi Isotop Primer seperti tampak pada gambar 1.



Gambar 1 : Skema sistem ventilasi pada lab Produksi Isotop Primer 1 dan 2 lokasi pengambilan cuplikan.

Penghisapan udara pada kedua lokasi tersebut dilakukan masing-masing selama 1 jam pada hari dan jam yang sama. Waktu pengambilan cuplikan dilakukan pada saat beban kerja besar (dalam keadaan proses Yodium) dan pada saat beban kerja tidak ada sama sekali (tidak ada proses Yodium sama sekali). Hal ini dilakukan untuk melihat pengaruh beban kerja pada nilai konsentrasi I-131 yang diukur.

Cartridge charcoal selanjutnya dicacah dengan menggunakan MCA Canberra 8180 untuk melihat spektrum energinya dan dicacah secara kuantitatif dengan menggunakan Well Type Scintillation Counter dengan detektor sintilasi model 802 kristal NaI(Tl) yang mempunyai resolusi tinggi (3). Well Type Scintillation Counter ini telah dikalibrasi dengan sumber standar Ba-133 dan memberikan nilai efisiensi sebesar 56,89% untuk pengaturan alat pada HV:975 volt, LLD 700 mV dan window sebesar 400 mV. Puncak utama untuk spektrum gamma dari Ba-133 adalah pada 0.356 MeV dan untuk I-131 pada 0.364 MeV. Pencacahan cuplikan dan latar belakang masing-masing dilakukan selama 13 menit.

Perhitungan konsentrasi yodium dihitung dengan rumus :

$$A = \text{aktivitas (uCi)} = \frac{\text{cacah bersih (cpm)} \cdot 1}{t \cdot 2,22 \times 10^6 \text{ dpm/uCi} \cdot e}$$

dimana :

cacah bersih = cacah total - cacah latar

e = efisiensi (%)

A = aktivitas pada saat pencacahan

t

dengan mensubstitusikan nilai

$$A = A_0 e^{-\lambda t}$$

dima A_0 adalah aktivitas pada saat pencuplikan,

$$\lambda = 0.693/T$$

$T_{1/2}$ I-131 adalah 8,04 hari, t adalah selang waktu antara pencuplikan dan pencacahan, didapat nilai A_0 .

Selanjutnya konsentrasi Yodium, C , mengikuti

$$C = \frac{A_0}{V}$$

dengan V volume udara yang dihisap selama pengambilan cuplikan.

Pengambilan cuplikan dilakukan juga di ruang Lab Senyawa Bertanda, ruangan reaktor dan halaman PPTN dengan maksud untuk melihat kemungkinan lepasnya I-131 dari tempat tersebut dan penyebarannya ke lingkungan PPTN.

HASIL DAN DISKUSI

Dari hasil pencacahan secara kualitatif menunjukkan bahwa komposisi utama radionuklida dalam limbah gas yang dikeluarkan oleh cerobong maupun dalam udara yang ada di dalam ruang Lab Produksi Isotop Primer adalah I-131, selain radionuklida alamiah lainnya seperti Th-228, Ra-226, K-40, Bi-214 dan Pb 214 (lampiran 1). Sedangkan hasil perhitungan konsentrasi I-131 secara kuantitatif tercantum dalam tabel 1 dan 2 pada kondisi Lab sedang memproses I-131 dan tidak ada proses samasekali. Tabel 3 menunjukkan hasil pengukuran konsentrasi di ruang reaktor, Lab Senyawa Bertanda dan halaman PPTN.

Dari tabel 1 tampak bahwa nilai konsentrasi I-131 dalam udara limbah dari cerobong Lab Produksi Primer bervariasi antara $1,40 \times 10^{-9}$ - $25,50 \times 10^{-9}$ uCi/cm³. Melihat pada nilai konsentrasi tersebut, sebanyak 42% dari 14 pengukuran memperlihatkan nilai yang melampaui MPC. Penyimpangan ini dapat dijelaskan dari penggunaan filter. Filter yang terpasang pada sistem ventilasi udara (gambar 1) adalah pre-filter dan filter karbon aktif yang terpasang di atas bilik bilik proses dengan efisiensi yang tidak diketahui. Sedangkan di dalam rumah filter terpasang "pre filter" dan HEPA (High Efficiency Particulate Air) filter dengan efisiensi 99,9%. Dari keadaan ini diperkirakan "filter" karbon aktif di atas bilik-bilik proses kurang berfungsi dengan baik.

Sebab lain ialah tidak dioperasikannya

blower secara terus menerus selama 24 jam, sehingga memungkinkan jatuhnya partikel-partikel debu yang mengadsorpsi I-131 bebas di dalam sistem ventilasi pada perjalanannya menuju cerobong lalu ke udara luar. Jika peristiwa sering terjadi maka ada kemungkinan sistem ventilasi itu sendiri menjadi aktif. Pada beban kerja sebesar 1590 mCi memberikan konsentrasi di dalam ruang Lab sebesar $37,6 \times 10^{-9}$ uCi/cm³ dan di cerobong sebesar $13,7 \times 10^{-9}$ uCi/cm³. Di lain pihak pada beban kerja 1550 mCi memberikan konsentrasi hanya sebesar $3,72 \times 10^{-9}$ uCi/cm³ dan $3,05 \times 10^{-9}$ uCi/cm³ untuk di dalam ruang Lab dan di cerobong. Dengan nilai-nilai ini makin memperjelas kurang berfungsinya filter dengan baik.

Tabel 1. Data pengukuran konsentrasi I-131 dalam udara pada Lab Produksi Isotop Primer dalam keadaan proses.

NO.	Beban Kerja (mCi) (5)	Konsentrasi (uCi/cm ³) x 10 ⁻⁹	
		Ruang Lab.	Cerobong
1.	291,60	2,22	5,16
2.	212,00	7,86	8,26
3.	560,63	10,40	13,90
4.	351,00	4,18	4,65
5.	483,70	1,03	2,93
6.	321,75	14,38	25,50
7.	408,00	3,72	11,58
8.	1590,00	37,60	13,70
9.	414,50	0,27	6,84
10.	560,00	1,98	10,90
11.	320,00	0,80	11,70
12.	219,70	0,68	5,75
13.	520,50	5,39	4,59
14.	1550,00	3,72	3,05

Tabel 2. Data pengukuran konsentrasi I-131 dalam udara pada Lab. Produksi Isotop Primer dalam keadaan tidak proses

No.	Beban kerja (mCi)	Konsentrasi (uCi/cm ³) x 10 ⁻⁹	
		Ruang Lab.	Cerobong
1.	-	10,40	12,47
2.	-	1,72	3,57
3.	-	2,91	9,97
4.	-	9,60	1,40
5.	-	1,13	6,53
6.	-	1,51	3,60
7.	-	1,01	5,51

Tabel 3. Data pengukuran konsentrasi I-131 dalam udara untuk lokasi tertentu.

No.	Konsentrasi uCi/cm ³		
	Ruangan Reaktor -9 x 10	Lab. Senyawa Bertanda -9 x 10	Halaman PPTN 11 x 10
1.	0,24	0,08	0,54
2.	0,01	0,12	0,55
3.	0,02	0,06	0,22
4.	0,04	0,57	1,69
5.	0,10	0,03	1,17
6.	-	-	2.27

Pada kedua pengukuran ini terlihat bahwa kadar radioaktif udara dalam ruang laboratorium lebih tinggi dari kadar radioaktif udara dalam cerobong.

Hal ini mungkin disebabkan karena :

1. Adanya kontaminasi pada lantai laboratorium yang disebabkan oleh terceornya zat radioaktif I-131.
2. Saringan karbon aktif sudah mulai tertutup (clogging), bilik-bilik proses tidak kedap udara, pintu lemari asam dibiarkan terbuka dan "damper" lemari asam harus diatur lebih menutup. Kondisi seperti ini memungkinkan terjadinya aliran balik dari udara, yaitu udara dari bilik-bilik proses keluar ruang lab dan selanjutnya terhisap masuk kedalam lemari asam.

Pengukuran lain yang dilakukan di ruang reaktor, Lab senyawa bertanda dan halaman PPTN memberikan nilai konsentrasi I-131 dalam udara yang sangat rendah, seperti tercantum di dalam tabel 3. Hal ini menunjukkan kandungan I-131 dalam udara diruang Lab dan reaktor tersebut masih dalam batas aman. Pengukuran di halaman PPTN yang juga memberikan nilai dibawah MPC yang diperkenankan untuk umum, yaitu $2,8 \times 10^{-11}$ uCi/cm³, memberi arti bahwa limbah gas dari Lab Produksi Isotop Primer belum mencemari lingkungan karena adanya pengenceran oleh udara luar. Dalam lampiran 2 tercantum data pengamatan cartridge charcoal yang dicacah secara kualitatif untuk pengambilan cuplikan di lingkungan sekitar PPTN. Dari data tersebut tampak bahwa nilai cacah bersih dari I-131 adalah 940 dan 913 untuk dua buah cuplikan, sedangkan cacah latar adalah 935. Jika dibandingkan dengan nilai cacah

I-131 dari cartridge charcoal yang masih baru (belum digunakan untuk mencuplik), seperti tercantum pada data lampiran 3, yaitu 467 untuk charcoal baru dan 279 untuk cacah latar, dapat diketahui bahwa kandungan I-131 dalam udara sekitar PPTN sangat rendah.

Dari hasil analisa secara kualitatif dan kuantitatif pada konsentrasi I-131 dalam udara di Lab Produksi Isotop Primer dan lingkungan Lab disekitarnya dapat disimpulkan bahwa :

1. Konsentrasi I-131 dalam udara di ruang Lab dan cerobong Lab Produksi Isotop Primer adalah $0,27 \times 10^{-9}$ - $37,60 \times 10^{-9}$ uCi/cm³ dan $1,40 \times 10^{-9}$ - $25,50 \times 10^{-9}$ uCi/cm³.
2. Udara di lingkungan PPTN mengandung I-131 dengan aktivitas sangat rendah.

Diberikan beberapa saran untuk mengurangi paparan radiasi yang diterima oleh pekerja radiasi sehubungan dengan pekerjaannya di dalam memproses Yodium, yaitu :

1. Saringan karbon yang dipasang di bagian atas bilik-bilik proses haruslah dipilih yang betul-betul efektif untuk penyaringan I-131, yaitu karbon aktif dengan tingkat keaktifan "Nuclear Grade" atau yang setara dengan itu.
2. Pencuplikan an pengukuran udara haruslah dilakukan secara periodik dan rutin.
3. Bilik-bilik proses haruslah betul-betul kedap udara dan pintu yang berada di bagian belakang bilik proses jangan dibiarkan terbuka.
4. Blower sebaiknya dijalankan terus menerus selama 24 jam.
5. Damper lemari asam harus diatur kembali untuk mendapatkan keseimbangan aliran udara di dalam sistem ventilasi.
6. Kalau perlu digunakan respirator pada saat bekerja dengan I-131 dan perlengkapan proteksi yang memadai lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

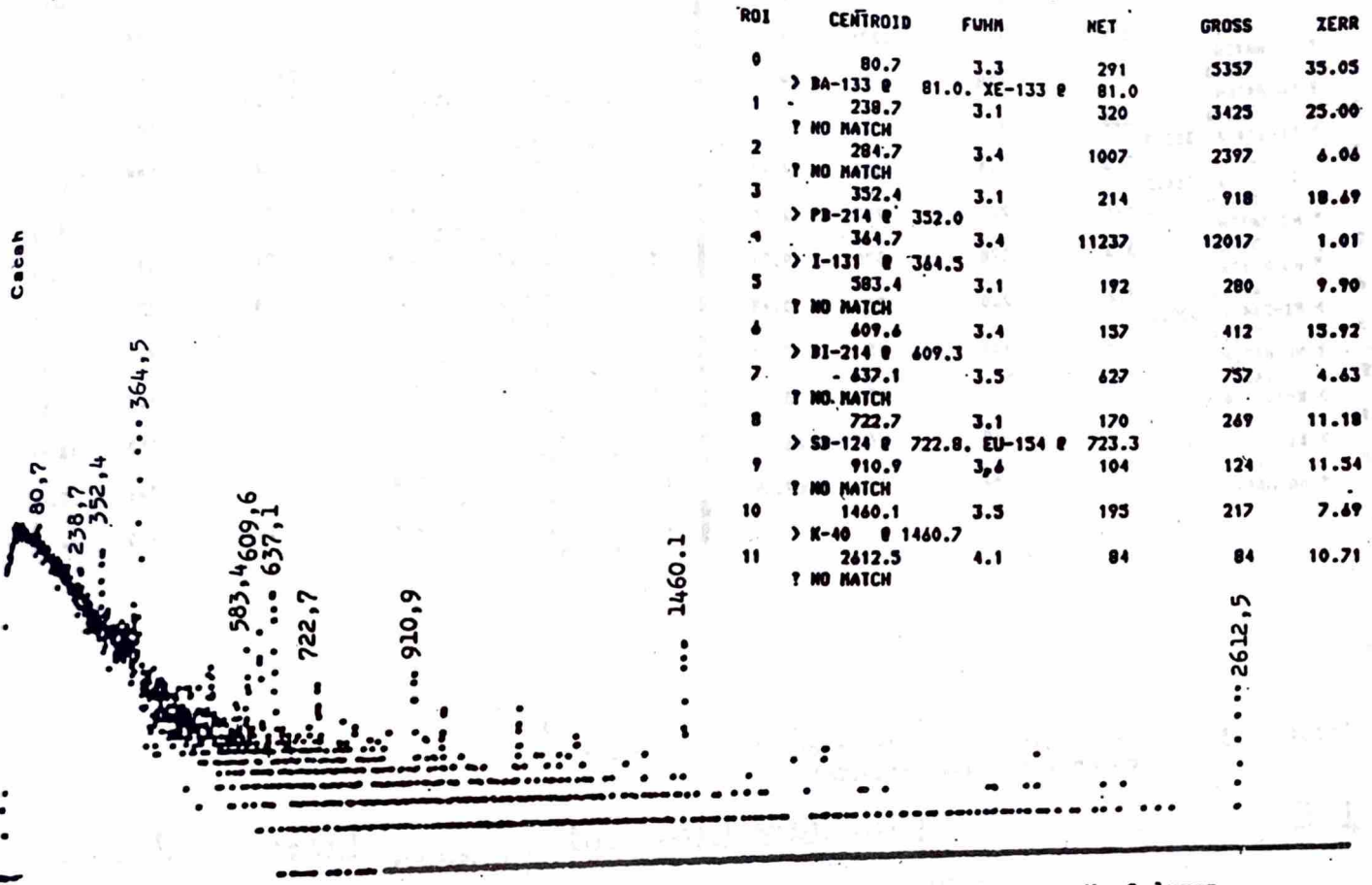
1. SK Dirjen BATAN No. 104/DJ/5/DK/79 tentang : Ketentuan Keselamatan Kerja Terhadap Radiasi, Jakarta, BATAN 1979.
2. Cember, Herman., Introduction to Health Physics, Pergamon Press Inc, 1st ed, 1969
3. Price, William J., Nuclear Radiation Detection, Mc Graw Hill Book Company Inc, New York 1958.
4. Atomic Product Corporation Catalog, New York, USA Tahun 1949 No.37
5. Log book tentang proses Yodium dari bidang Radioisotop PPTN.

Lampiran 1. I-131 sebagai komposisi utama pada limbah gas dari Lab. Produksi Isotop Primer PPTN.

2.2

LT= 300 CT= 302 2.2/ 2029.1/A LOG- 2629.6

Cacah



ROI	CENTROID	FWHM	NET	GROSS	ZERR
0	80.7	3.3	291	5357	35.05
> BA-133 @	81.0	XE-133 @	81.0		
1	238.7	3.1	320	3425	25.00
? NO MATCH					
2	284.7	3.4	1007	2397	6.06
? NO MATCH					
3	352.4	3.1	214	918	10.69
> PB-214 @	352.0				
4	364.7	3.4	11237	12017	1.01
> I-131 @	364.5				
5	583.4	3.1	192	280	9.90
? NO MATCH					
6	609.6	3.4	157	412	15.92
> BI-214 @	609.3				
7	637.1	3.5	627	757	4.63
? NO MATCH					
8	722.7	3.1	170	269	11.18
> SB-124 @	722.8	EU-154 @	723.3		
9	910.9	3.6	104	124	11.54
? NO MATCH					
10	1460.1	3.5	195	217	7.69
> K-40 @	1460.7				
11	2612.5	4.1	84	84	10.71
? NO MATCH					

No Saluran

Lampiran 2. Cacah latar dan cacah cuplikan di lingkungan PPTN serta spektrum energinya.

CUPLIKAN FILTER DICACAH SELAMA 600 DETIK .
PADA SELF 5

CACAH LATAR SELAMA 600 DETIK .

ROI	CENTROID	FWHM	NET	GROSS	ZERR
0	53.8	3.0	125	1482	42.40
? NO MATCH					
1	238.6	3.6	352	3113	13.59
? NO MATCH					
2	352.0	3.4	138	936	29.71
> PB-214 @	352.0				
3	364.4	3.6	935	1481	4.81
> I-131 @	364.5				
4	511.0	3.3	98	404	26.53
? NO MATCH					
5	582.9	3.7	288	563	9.72
? NO MATCH					
6	609.0	3.3	189	474	14.29
> BI-214 @	609.3				
7	910.6	3.6	154	264	12.34
? NO MATCH					
8	1459.7	4.1	399	435	5.26
> K-40 @	1460.7				
9	2611.8	5.9	64	169	25.00
? NO MATCH					

ROI	CENTROID	FWHM	NET	GROSS	ZERR
0	238.4	3.8	756	2635	8.84
? NO MATCH					
1	351.6	3.6	192	1693	29.17
> PB-214 @	352.0				
2	364.5	3.7	940	1590	5.00
> I-131 @	364.5				
3	583.1	3.3	288	462	8.80
? NO MATCH					
4	609.2	4.2	384	571	7.03
> BI-214 @	609.3				
5	910.5	3.9	61	271	34.43
? NO MATCH					
6	968.5	3.6	137	207	11.68
? NO MATCH					
7	1119.1	3.4	61	151	24.59
? NO MATCH					
8	1459.5	4.1	396	421	5.30
? NO MATCH					
9	2611.3	4.1	198	198	7.07
? NO MATCH					

SAMPLE UDARA KE II DICACAH SELAMA 600 DETIK PD.SELFS.

ROI	CENTROID	FUHM	NET	GROSS	ZERR
0	53.9	2.9	450	2321	14.22
1	? NO MATCH				
1	238.8	3.6	738	2796	9.35
2	? NO MATCH				
2	352.0	3.3	213	933	18.78
3	> PB-214 @ 352.0				
3	364.4	3.5	913	1490	4.93
4	> I-131 @ 364.5				
4	511.0	4.2	272	722	12.50
5	? NO MATCH				
5	583.0	3.3	278	520	9.71
6	? NO MATCH				
6	609.0	3.6	268	541	10.45
7	> BI-214 @ 609.3				
7	910.4	3.6	136	253	13.97
8	? NO MATCH				
8	1459.7	3.8	411	426	5.11
9	> K-40 @ 1460.7				
9	1763.6	4.3	15	60	66.67
10	> BI-214 @ 1764.0				
10	2611.4	4.6	143	143	7.69
	? NO MATCH				

CACAH LATAR SELAMA 600 DETIK (★)

ROI	CENTROID	FUHM	NET	GROSS	ZERR
0	54.4	2.7	260	2198	24.62
1	? NO MATCH				
1	141.1	3.5	2905	9098	4.23
2	> NO-99 @ 140.5 TC-99M @ 140.5				
2	239.3	3.5	706	2182	8.50
3	? NO MATCH				
3	351.7	3.8	8	998	550.00
4	> PB-214 @ 352.0				
4	364.6	4.1	279	1019	14.70
5	> I-131 @ 364.5				
5	510.9	3.6	91	414	29.67
6	? NO MATCH				
6	582.8	3.9	266	574	10.90
7	? NO MATCH				
7	609.2	3.5	246	476	10.57
8	> BI-214 @ 609.3				
8	910.4	3.8	103	187	15.53
9	? NO MATCH				
9	1118.3	3.6	83	155	18.07
10	? NO MATCH				
10	1458.1	3.8	347	381	5.76
11	> I-135 @ 1457.7				
11	2609.0	4.4	36	155	44.44
	? NO MATCH				

Lampiran 3. Spektrum energi dan nilai cacah dari cartridge baru dan cacah latar belakang.(★)

1.6

LJ= 600 CT= 601

1.6/ 2819.5/A

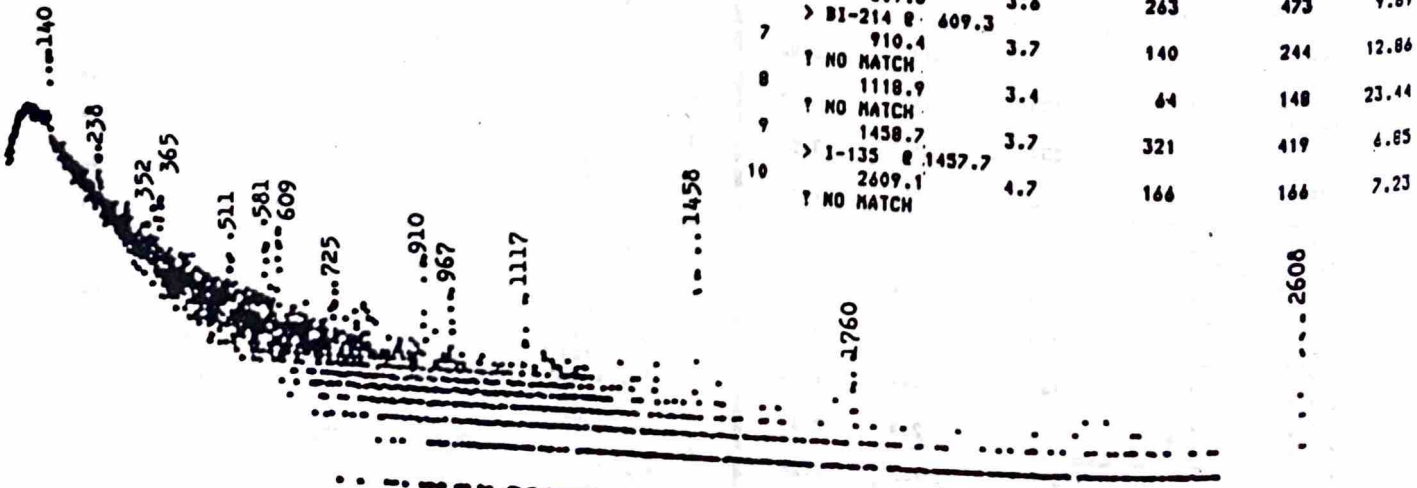
LOG-

2820.1

31-7-1986
SAMPLE : CARCOL:A- FILTER

ROI	CENTROID	FUHM	NET	GROSS	ZERR
0	141.5	3.5	3099	8129	3.68
1	> NO-99 @ 140.5 TC-99M @ 140.5				
1	239.7	3.8	816	3028	8.82
2	? NO MATCH				
2	352.5	3.9	292	881	13.01
3	> PB-214 @ 352.0				
3	365.0	3.5	467	1076	8.78
4	> I-131 @ 364.5				
4	511.1	3.0	63	369	39.68
5	? NO MATCH				
5	583.0	3.9	200	462	13.00
6	? NO MATCH				
6	609.5	3.6	263	473	9.89
7	> BI-214 @ 609.3				
7	910.4	3.7	140	244	12.86
8	? NO MATCH				
8	1118.9	3.4	64	148	23.44
9	? NO MATCH				
9	1458.7	3.7	321	419	6.85
10	> I-135 @ 1457.7				
10	2609.1	4.7	166	166	7.23
	? NO MATCH				

Cacah



Nomor Saluran