

PENGUJIAN PENGUKURAN AKTIVITAS SAMPEL SECARA ABSOLUT DENGAN METODE *SUMPEAK*

WidodoSumadi

ABSTRAK

Penentuan aktivitas sampel dapat dilakukan secara relatif maupun absolut. Salah satu cara absolut tersebut adalah dengan metode *sumpeak*. Pengukuran aktivitas sampel secara absolut dengan metode *sumpeak* dilakukan terhadap radionuklida Na-22 dan Co-60 menggunakan spektrometer gamma dengan detektor HPGe. Dari perhitungan diperoleh aktivitas sampel Na-22 sebesar $8642 \text{ Bq} \pm 1.85\%$. Sedangkan sampel Co-60, dilakukan 2 kali pengukuran dengan waktu pengukuran yang berbeda dan diperoleh hasilnya sebesar $54185.93 \text{ Bq} \pm 3.45\%$ dan $60084.45 \text{ Bq} \pm 2.32\%$. Hasil yang diperoleh untuk Na-22 berada dalam rentang perhitungan aktivitas Na-22 berdasarkan sertifikatnya. Sedangkan untuk Co-60, kedua hasil pengukuran tersebut ternyata di luar rentang aktivitas Co-60 berdasarkan sertifikatnya. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut khususnya untuk radionuklida Co-60, sehingga diperoleh hasil yang diharapkan.

PENDAHULUAN

Secara umum pengukuran aktivitas suatu sampel dilakukan secara relatif, yaitu diperlukan suatu sumber standar sebagai acuan/pembandingnya. Sebagai acuan, sumber standar harus memiliki nilai toleransi kesalahan yang relatif kecil, dan tentu saja harganya tidak murah. Geometri dan matrik sumber standar harus sama dengan sampel yang akan diukur aktivitasnya.

Metode pengukuran yang tidak memerlukan sumber standar disebut pengukuran secara absolut, sehingga tidak direpotkan dengan keharusan memiliki sumber standar. Pengukuran secara absolut yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah metode *sumpeak*.

Metode yang umum digunakan adalah metode perbandingan dengan sumber standar (perhitungan efisiensi). Sedangkan metode absolut meliputi metode *sumpeak* dan metode *coincidence*, seperti (P, y), (o; y) atau (y, y) *coincidence*. Penelitian Inl bertujuan untuk melakukan pengujian terhadap pengukuran aktivitas sampel secara absolut dengan metode *sumpeak*, sehingga metode ini diharapkan menjadi salah satu alternatif dalam pengukuran aktivitas sampel disamping metode lainnya.

Pada metode *sumpeak*, sampel yang akan diukur adalah radionuklida yang memancarkan dua energi radiasi serta dapat menimbulkan terjadinya peristiwa *sumpeak*. Pada penelitian ini digunakan dua radionuklida yang termasuk dalam kategori tersebut, yaitu Co-60 dan Na-22. Co-60 merupakan salah satu radionuklida pemancar gamma yang memiliki 2 (dua) energi radiasi gamma yaitu 1173.2 KeV dan 1332.5 KeV yang dipancarkan secara cascade (berurutan). Sedangkan radionuklida Na-22 sesungguhnya hanya memiliki 1 (satu) energi gamma yaitu 1274.5 KeV. Karena *decay mode* (mode peluruhan) Na-22

adalah dengan memancarkan partikel beta positif (P+) atau positron, maka akan terpancar juga radiasi anihilasi yang memiliki energi 511 KeV. Dengan demikian Na-22 akan memancarkan dua energi radiasi yaitu 1274.5 KeV dan 511 KeV. Pada pengukuran Inl digunakan sistem spektrometer gamma dengan detektor HPGe (High purity Germanium).

TEORI

Pada umumnya penentuan aktivitas suatu sampel dilakukan secara relatif yaitu dengan membandingkan terhadap sumber standar sebagai acuan. Nilai pembanding tersebut adalah nilai efisiensi pencacahan, seperti terlihat dalam rumus umum di bawah ini.

$$A_s = R_s / \epsilon_s \cdot I_s \quad [1]$$

Dengan;

$$I_s = R_{st} / \epsilon_{st} \cdot A_{st}$$

Keterangan :

A_s = aktivitas sampel

R_s = laju cacah sampel untuk energi tertentu

P = kebolehjadian pemancaran untuk energi tertentu

I_s = efisiensi pencacahan untuk energi tertentu

R_{st} = laju cacah sumber standar untuk energi tertentu

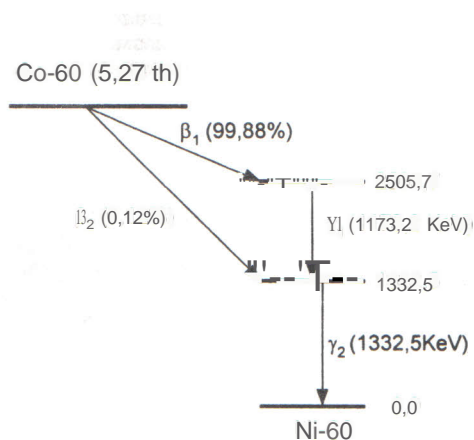
A_{st} = aktivitas sumber standar

Penentuan aktivitas suatu sampel dapat juga dilakukan secara absolut, yaitu tidak diperlukannya pembanding atau sumber standar yang digunakan sebagai acuan. Dengan kata lain untuk menghitung aktivitas sampel secara absolut hanya

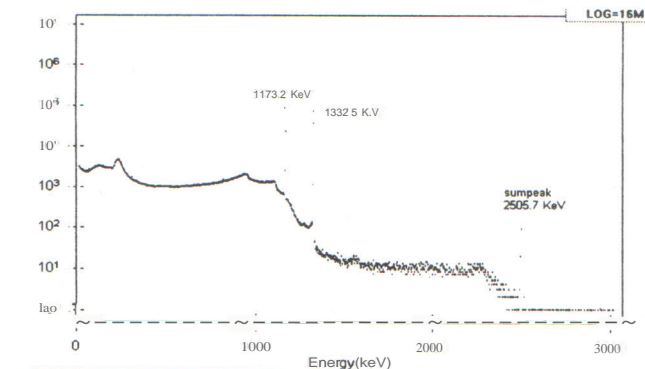
diperlukan data-data yang berasal dari sampel itu sendiri.

Salah satu cara menghitung aktivitas secara absolut adalah dengan metode *sumpeak*. *Sumpeak* adalah suatu fenomena dua atau lebih radiasi dengan energi berbeda diserap oleh medium detektor dengan waktu yang "bersamaan". Karena "bersamaan" maka dua atau lebih radiasi tersebut oleh detektor dianggap sebagai satu radiasi dengan energi dijumlahkan atau satu kejadian (*event*). Bila hal tersebut terjadi maka pada spektrum yang diperoleh akan muncul peak dengan energi yang besarnya sama dengan jumlah dari energi radiasi datang secara "bersamaan" tersebut dan peak itu diberi nama *sumpeak*.

Fenomena *sumpeak* biasanya terjadi pada radionuklida yang radiasinya terpancar secara berurutan (*cascade*), salah satu contohnya adalah Co-60, yang memancarkan dua radiasi gamma dengan energi 1173,2 keV dan 1332,5 keV, dan energi *sumpeak*-nya sebesar 2505,7 keV.



Gambar 1. Skema Peluruhan Co-60



Gambar 2. Spektrum Radionuklida Co-60 dan *sumpeak*-nya

Persamaan dasar untuk menghitung aktivitas radionuklida Co-60 sebagai berikut

- Energi 1173,2 keV (probabilitas pemancaran = p)

$$RA = A.p.EA.[1 - tB.W(6)] \dots\dots\dots [2]$$

Keterangan :

- RA : laju cacah-peak (det-1),
- EA : efisiensi peak,
- tB : efisiensi total energi 1332,5 KeV
- W(6) : γ - γ faktor korelasi sudut antara kedua radiasi gamma tersebut
- W(6) = 1,04 (untuk Co-60);

- Energi 1332,5 keV (probabilitas pemancaran = 1 - p)

$$RB = A.eB.[p(1 - tA)+(1 - p)] W(6) \dots\dots\dots [3]$$

Keterangan :

- RB: laju cacah-peak (det-1),
- eB: efisiensi peak,
- tA: efisiensi total energi 1173,2 KeV

- *Sumpeak* (2505,7 keV)

$$RC = A.p.EA.EB.W(6) \dots\dots\dots [4]$$

$$RT = A[p.tA + tB(1 - p.tA)W(6)] \dots\dots\dots [5]$$

Keterangan :

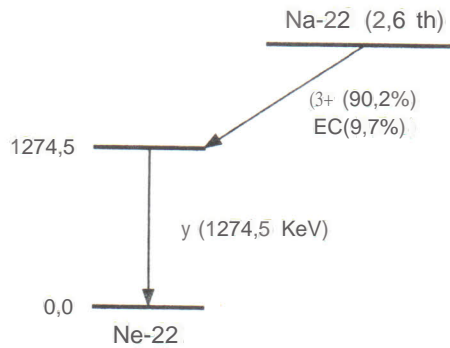
- RC : laju cacah-peak (det-1)
- RT : laju cacah total seluruh spektrum (dari kanal 0 sampai kanal maksimum) (det-1)

Dari persamaan 2 sampai 5 di atas, aktivitas A (Bq) radionuklida Co-60 dihitung sebagai berikut

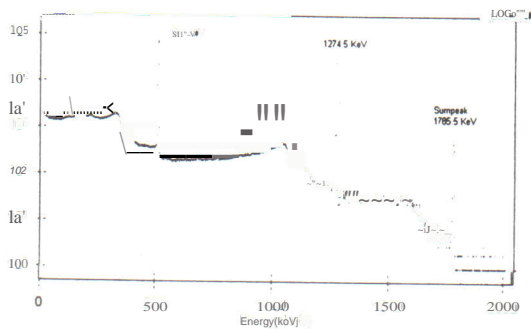
$$A (Bq) = RT + RA .RB W(6)/ RC \dots\dots\dots [6]$$

Dengan demikian, aktivitas dapat dihitung dari laju cacah pada ketiga energi dan laju cacah total, tanpa memerlukan efisiensi pencacahan.

Radionuklida lain yang diamati adalah Na-22, yang meluruh dengan cara melepaskan partikel beta positif (^{13}O positron) yang kemudian diikuti radiasi gamma dengan energi 1274,5 KeV (gambar 3). Selain energi gamma 1274,5 KeV, Na-22 juga akan memancarkan energi radiasi anihilasi 511 KeV akibat terjadinya interaksi antara positron (^{13}O) dan elektron. Pada peristiwa anihilasi tersebut positron dan elektron hilang dan muncul 2 (dua) radiasi elektromagnetik yang memiliki perbedaan sudut 180° serta memiliki energi yang sama yaitu 511 KeV (energi tersebut adalah energi diam positron atau elektron, sesuai dengan perumusan m_0c^2). Dengan demikian Na-22 akan memancarkan dua energi 1274,5 KeV dan 511 KeV, serta energi *sumpeak*-nya 1785,5 KeV. Perhitungan aktivitas sampel Na-22 sama seperti persamaan [6], dengan nilai $W(6) = 1,00$.



Gambar 3. skema peluruhan Na-22

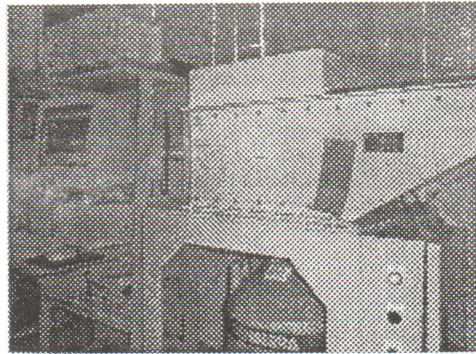


Gambar 4. Spektrum sumber Na-22 dan *sumpeak*-nya

PERALATAN DAN BAHAN

Pengukuran dilakukan menggunakan spektrometer gamma resolusi tinggi dengan detektor semikonduktor HPGe. Tegangan tinggi detektor diatur pada nilai 3000 Volt, dan jumlah kanal (*ADC gain*) adalah 8192 kanal.

Sumber radiasi yang digunakan untuk kalibrasi energi adalah sumber standar disk (berisi 9 radionuklida). Sebagai sampel pengujian digunakan sumber titik Co-60 dan Na-22 dengan aktivitas masing-masing 12,25 μCi dan 12,33 μCi pada tanggal 1 Mei 1990.



Gambar 4. Peralatan sistem spektrometer gamma dengan detektor HPGe

LANGKAH KERJA

Kalibrasi energi dilakukan menggunakan sumber standar disk yang memiliki energi terendah 88 KeV dan terbesar 1836 KeV. Skala pengukuran diatur pada range energi maksimum 3000 KeV (3 MeV), hal ini karena energi *sumpeak* untuk Co-60 sekitar 2505 KeV. Sedangkan pengukuran Na-22 yang memiliki energi *sumpeak*-nya sekitar 1785 keV dapat menggunakan kalibrasi energi yang sama.

Sampel pada saat pengukuran diletakkan sedekat mungkin dengan permukaan detektor, tetapi diatur agar nilai waktu mati (*dead time*) tidak lebih dari 5%. Waktu pengukuran diatur agar diperoleh cacahan area untuk *sumpeak* lebih besar dari 5000 cacahan.

Nilai yang diperlukan adalah cacahan area untuk masing-masing puncak energi dan *sumpeak*-nya serta cacahan integral (*gross*) untuk seluruh spektrum.

Pengukuran latar belakang dilakukan dengan waktu pengukuran yang sama dengan sampel. Cacah integral (*gross*) latar belakang ini digunakan untuk mengoreksi cacah *gross* dari sampel.

LEMBAR DATA

A. Sampel Na-22

- Kalibrasi energi

Nomor kanal	323,84	1210,06	1422,58	2644,54	4691,37	5328,67
Energi (keV)	81	302,84	356	661,66	1173,24	1332,5

Persamaan kalibrasi energi

$$E \text{ (keV)} = -0,0037 \text{ KeV} + 0,2503 \times \text{Ch} - 5,16 \times 10^{-8} \times \text{Ch}^2$$

- Hasil Pengukuran

Waktu pengukuran (LT) : 3600 detik

Energi	511 keV	:	CA	832166 cacahan	:	RA	231.16 +/- 0.11 % cps
Energi	1274.5 keV	:	Cs	204007 cacahan	:	Rs	56.84 +/- 0.22% cps
Sum-peak	1785.5 keV	:	Cc	6341 cacahan	:	Rc	1.76 +/- 1.28% cps
Total (gross) sampel		:	CT(net)	4235653.0 cacahan	:	RT	1176.57 +/-1.31% cps
O			CT	4241507.8 cacahan			O
O			CGross	4161334 cacahan			O
			LL	42 cacahan			O
			nLL	1908.9 cacahan/ch			
Total (gross) background			CT	5854.8 cacahan			
O			CGross	5523 cacahan			
O			LL	42 ch			O
			nLL	7.9 cacahan/ch			O
Sudut korelasi W(9)			1.0				O
Aktivitas				8642 Bq +/- 1.85%			O

LEMBAR DATA

B. Sample Co-60

- Kalibrasi energi

Nomor kanal	235.03	325.69	364.06	442.37	1369.73	1763.26	2225.03	2393.45	3127.54	3552.58	4896.06
Energi (keV)	88.03	122.06	136.48	165.85	513.99	661.6	834.83	848	1173.2	1332.5	1836

Persamaan kalibrasi energi

$$E(\text{keV}) = -0.25\text{KeV} + 0.375 \times \text{Ch} - 1.19 \times 10^{-8} \times \text{Ch}^2$$

- Hasil Pengukuran

Waktu pengukuran (LT) : 3600 detik

Energi	1173.24 keV	: C _A	458745 cacahan	: R _A	127.43 +/- 0.15%	cps
Energi	1332.5 keV	: C _B	413448 cacahan	: R _B	114.85 +/- 0.16%	cps
Sum-peak	2505.7 keV	: C _C	1028 cacahan	: R _C	0.29 +/- 3.18%	cps
Total (gross) sampel		: CT(net)	6122132.4 cacahan	: RT	1700.59 +/- 1.31%	cps
O		CT	6127964.8 cacahan			O
O		C _{Gross}	6001129 cacahan			
		LL	42 cacahan			O
		nLL	3019.9 Cacahan/ch			
Total (gross) background		CT	5832.4 cacahan			
O		C _{Gross}	5530 cacahan			
O		LL	42 ch			O
		nLL	7.2 cacahan/ch			O
Sudut korelasi W(8)		1.04				O
Aktivitas			54185.93 Bq +/- 3.45%			O

Waktu pengukuran (LT) : 10000 detik

Energi	1173.24 keV	:	C ₁	1342137 cacahan	:	R ₁	134.21 +/- 0.09%	cps
Energi	1332.5 keV	:	CB	1211960 cacahan	:	RB	121.2 +/- 0.09%	cps
Sum-peak	2505.7 keV	:	Cc	2919 cacahan	:	Rc	0.29 +/- 1.93%	cps
Total (gross) sampel								
		:	CT(net)	cacahan	:	RT	1750.31 +/-1.31%	cps
O			CT	17519345.2 cacahan		RTS	1751.93	O
			C _{Gross}	17161690 cacahan				
O			LL	42 cacahan				O
			nLL	8515.6 Cacahan/ch				
Total (gross) background								
			CT	5832.4 cacahan		RTS	1.62	cps
			C _{Gross}	5530 cacahan				
O			LL	42 ch				O
O			nLL	7.2 cacahan/ch				O
	Sudut korelasi W(9)		1.04					O
	Radioaktivitas (Aktivitas)		60084.45	8q +/- 2.32%				O

PEMBAHASAN

Sumber standar Na-22 dan Co-60 yang digunakan sebagai sampel dalam pengujian ini memiliki data-data sebagai berikut :

Tabel 1. Data sumber Na-22 dan Co-60

Data sumber	Sumber	
	Na-22	Co-60
A ₀ (uCi)	12,33 ± 4%	12,25 ± 3%
t _g	1 Mei 1990	1 Mei 1990
T _{1/2} (tahun)	2,6	5,27
A _t (Bq)	8568,16±4% 8568,16 ± 342,72	63718,7 ±3% 63718,7 ±1911,56

Keterangan: A_t adalah aktivitas pada saat dilakukan pengujian yang dihitung secara teoritis

Berdasarkan pengukuran dan perhitungan yang telah dilakukan maka diperoleh hasil aktivitas sumber Na-22 yaitu 8642 Bq dengan toleransi sebesar 1,85% atau (8642 +/- 160) Bq. Sedangkan pengukuran sampel Co-60 telah dilakukan sebanyak dua kali. Hal ini dilakukan setelah melihat hasil yang diperoleh pada pengukuran pertama. Pada pengukuran pertama dihasilkan aktivitas sumber Co-60 sebesar 54185,93 Bq +/- 3,45% atau (54185,93 +/- 1869,4) Bq dan pengukuran kedua 60084,45 Bq +/- 2,32% atau (60084,45 +/- 1394) Bq. Semua pengukuran menggunakan nilai toleransi atau deviasi sebesar 1 (satu) sigma.

Pada tabel 2 di bawah ini ditunjukkan perbandingan nilai aktivitas sampel Na-22 dan Co-60 berdasarkan sertifikatnya dan pengukuran dengan metode *sumpeak*.

Tabel 2. perbandingan aktivitas berdasarkan sertifikat dan pengukuran

Aktivitas (dalam Bq)	Sumber			
	Na-22		Co-60	
	Batas bawah	Batas atas	Batas bawah	Batas atas
Perhitungan	8225,44	8910,88	61807,14	65275,44
Pengukuran <i>Sumpeak</i> 1	8482	8702	52136,53	56055,33
<i>Sumpeak</i> 2			58690,45	61478,45

Dari tabel 2 terlihat bahwa nilai aktivitas Na-22 yang diperoleh masuk dalam rentang batas bawah dan atas nilai aktivitas secara perhitungan. Sehingga dapat dinyatakan nilai yang diperoleh sesuai dengan nilai yang tercantum pada sertifikatnya.

Pada pengukuran aktivitas Co-60 yang pertama, memberikan hasil yang kurang baik, jauh dibawah rentang nilai aktivitas hasil perhitungan.

Dari hasil yang diperoleh pada pengukuran pertama, dicoba untuk mengamati kesalahan apa yang mungkin terjadi sehingga diperoleh hasil yang kurang baik tersebut. Kemungkinan hal ini terjadi karena waktu pengukuran yang kurang lama (3600 detik= 1 jam), sehingga diperoleh cacahan *sumpeak* hanya 1028 cacahan, seharusnya paling rendah cacahan *sumpeak* adalah sebesar 5000 cacahan. Bila dilihat cacahan *sumpeak* untuk sampel Na-22 (E=1785,5 KeV) yang dicacah dalam waktu 1 jam (3600 detik) adalah sebesar 6341 cacahan (lebih besar dari 5000 cacahan), maka diperoleh hasil aktivitas cukup akurat.

Pada pengukuran kedua waktu yang digunakan sebesar 10000 detik (2,78 jam), dan aktivitas yang diperoleh ternyata tidak terlalu buruk (60084,45 +/- 1394) Bq. Bila dilihat tabel 2, nilai inipun diluar range dari hasil perhitungan teoritis dan lebih kecil nilai batas bawah hasil perhitungan teoritis.

Sebenarnya pengukuran kedua inipun memberikan hasil cacahan *sumpeak* hanya 2919 cacahan, jadi masih dibawah nilai 5000 cacahan. Untuk memperoleh cacahan *sumpeak* di atas 5000 cacahan dibutuhkan waktu yang cukup lama mungkin sekitar 4 jam.

KESIMPULAN

Dari hasil pengukuran dan perhitungan dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut

1. Aktivitas sampel Na-22 diperoleh sebesar 8642 Bq +/- 1,85% dan Co-60 adalah 54185,93 Bq +/- 3,45% dan 60084,45 Bq +/- 2,32%
2. Kesalahan yang mungkin terjadi pada pengukuran sampel Co-60 sementara ini disimpulkan karena waktu pengukuran yang kurang memadai (lama) sehingga aktivitas yang diperoleh diluar range perhitungan aktivitas secara teoritis.
3. Dari apa yang diperoleh pada pengujian kali ini sudah cukup memberikan gambaran hasil yang memadai bahwa metode *sumpeak* dapat dipergunakan sebagai salah satu cara untuk menentukan aktivitas sampel secara absolut

SARAN

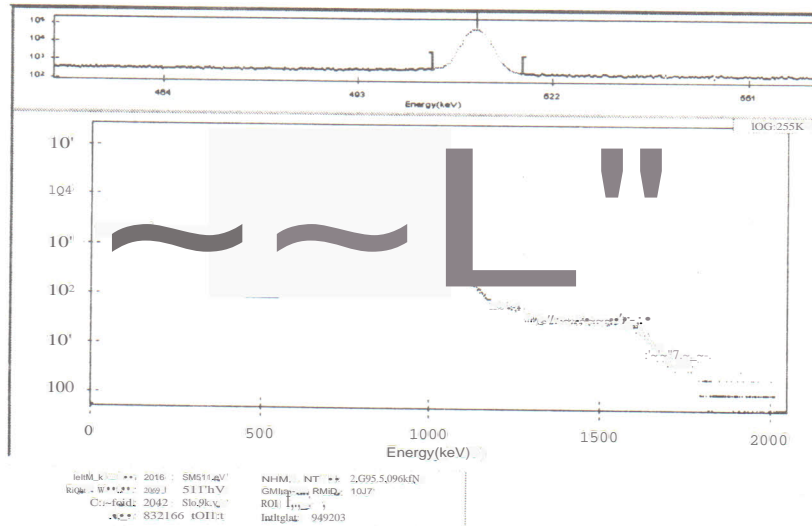
Perlu dilakukan penelitian yang lebih mendalam untuk memperkecil kemungkinan-kemungkinan kesalahan yang terjadi, sehingga diperoleh hasil yang lebih baik.

Daftar Pustaka

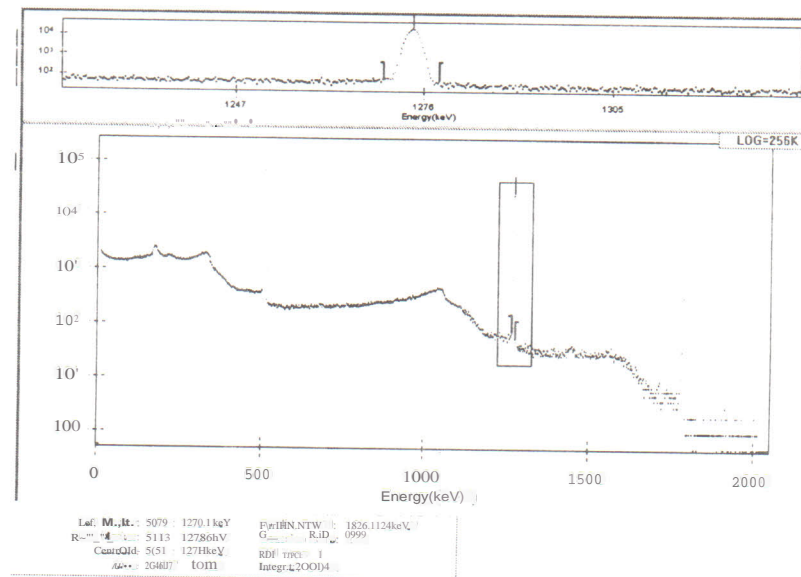
1. Noguchi, M., Experiments modul for BATAN Instructors, Gamma ray Spectroscopy, Canberra Japan, KK,20004.
2. Gordon Gilmore and John D. Hemingway, Practical Gamma-ray Spectrometry, John Wiley & Sons, England, 1995
3. Knoll, G.F., Radiation Detection and Measurements, Second Edition, Wiley, New York, 1989
4. Debertin, K. and Helmer, R.G., Gamma and X-ray Spectrometry with semiconductor Detectors, North-Holland, Amsterdam, 1988

Lampiran:
Spektrum Hasil Pengukuran :

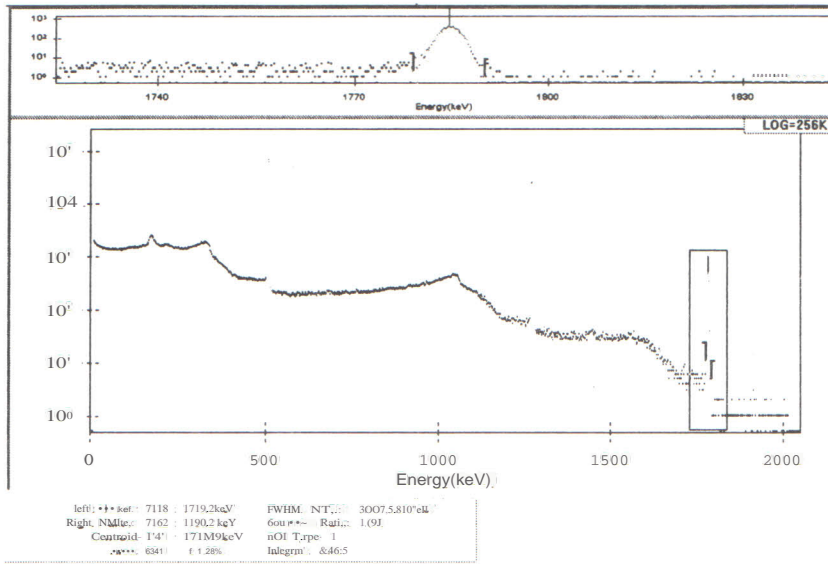
A. Sampel Na-22



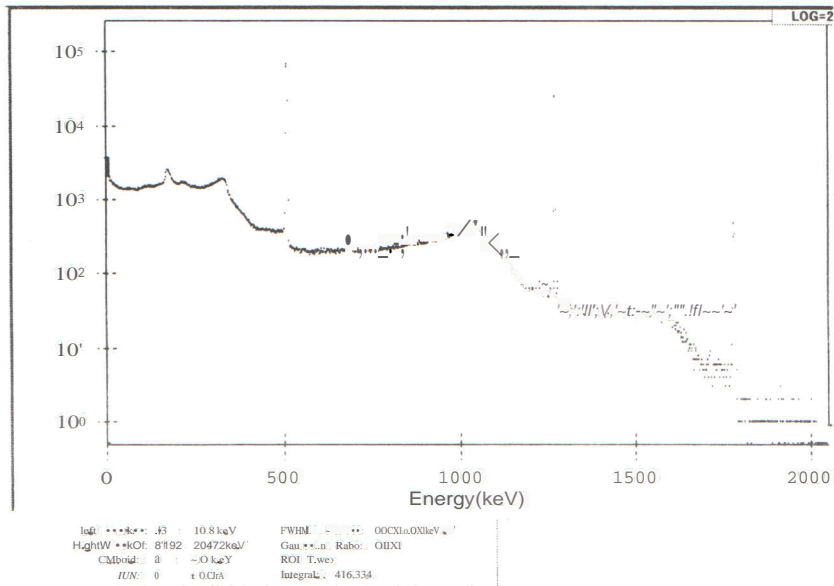
Gambar 1. Cacahan pada energi 511 KeV



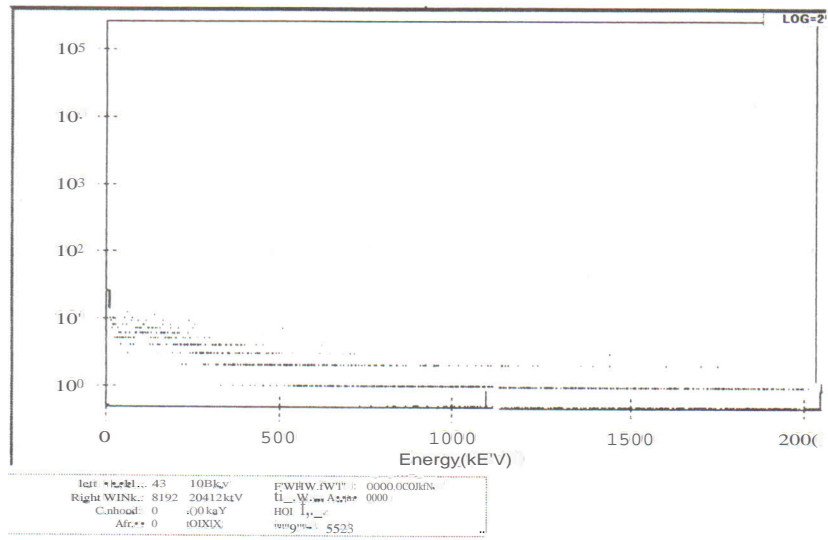
Gambar 2. Cacahan pada energi 1274,5 KeV



Gambar 3. Cacahan pada energi sumpeak 1785,5 KeV

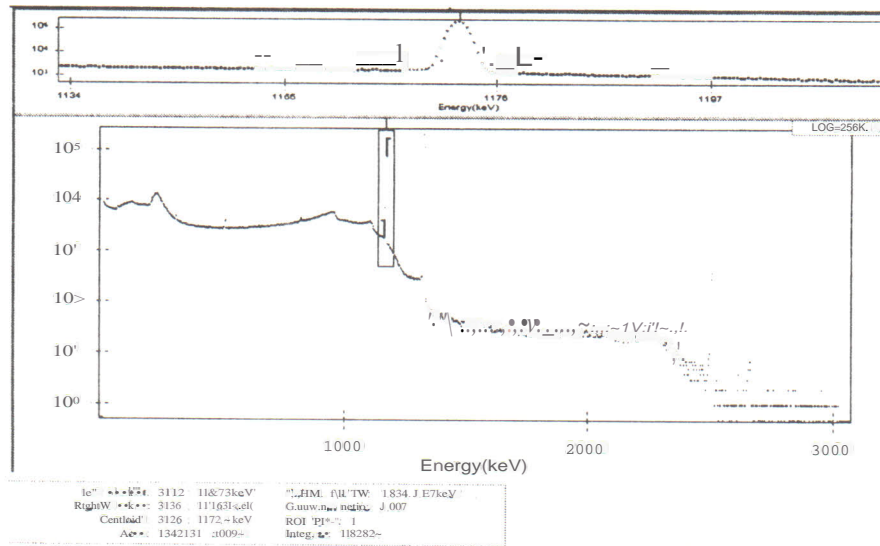


Gambar 4. Cacahan integral (gross) sampel

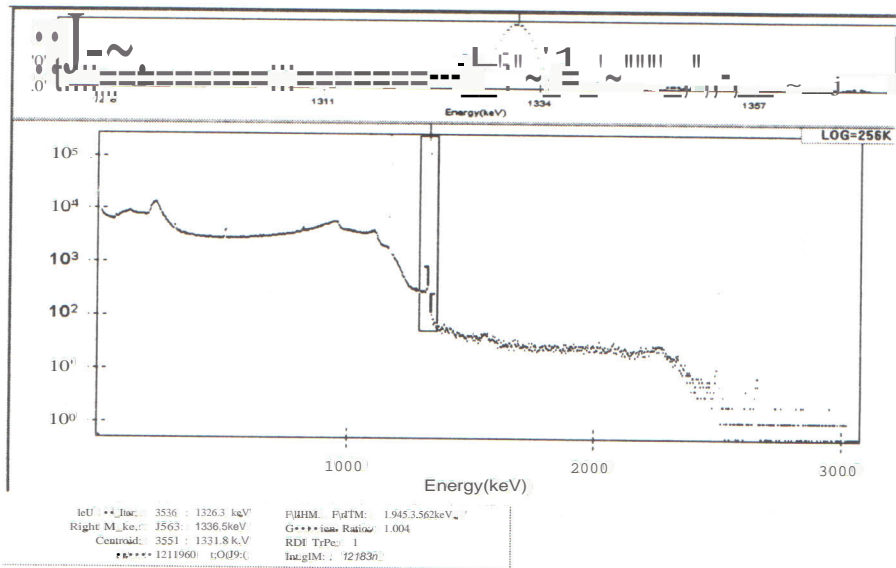


Gambar 5. Cacahan integral (gross) latarbelakang

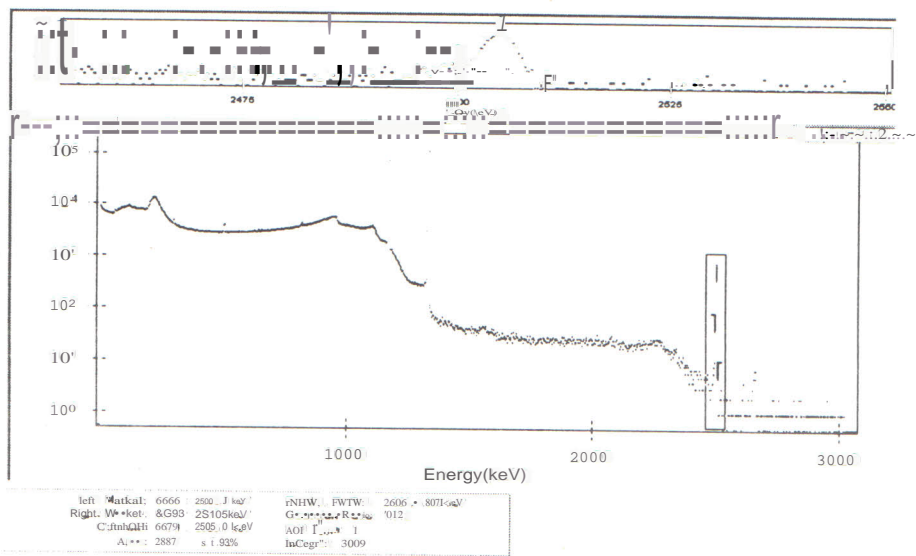
B. Sampel Co-60 (pengukuran kedua)



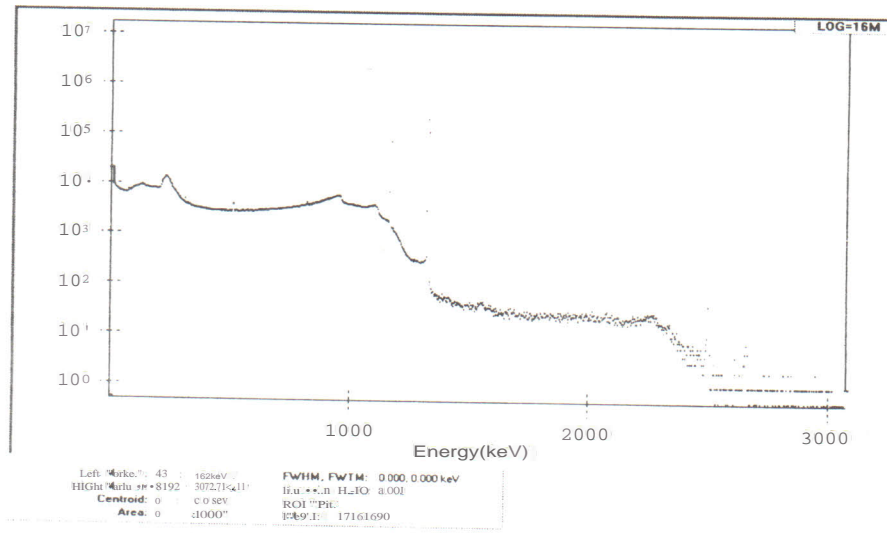
Gambar 6. Cacahan pada energi 1173,2 KeV



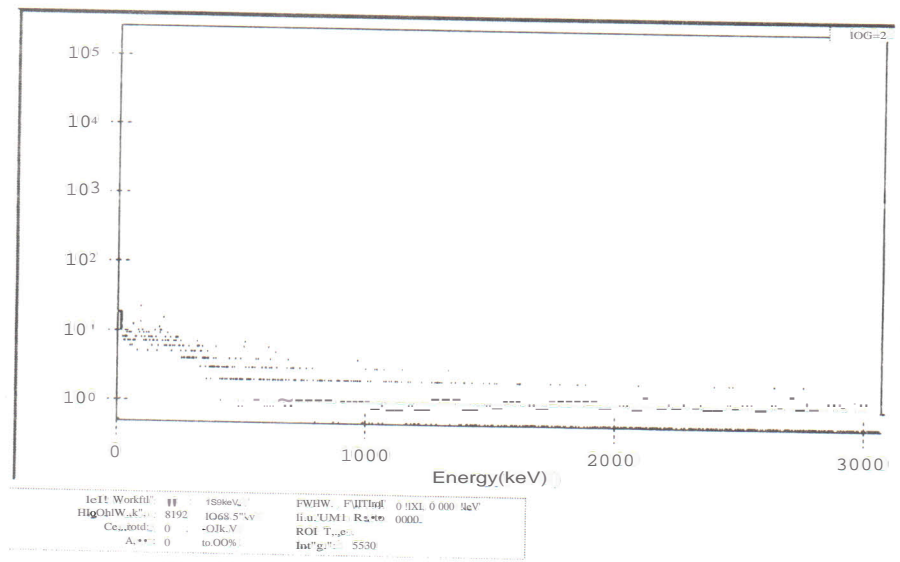
Gambar 7. Cacahan pada energi 1332,5 KeV



Gambar 8. Cacahan pada energi *sumpeak* (2505,7 KeV)



Gambar 9. Cacahan integral (gross) sampel



Gambar 10. Cacahan integral (gross) latar belaka