

# PERBANDINGAN METODA OTOMATIS DAN MANUAL DALAM PENENTUAN ISOTOP Cs-137 MENGGUNAKAN SPEKTROMETER GAMMA

Rosika Kriswarini <sup>(1)</sup> dan Dian Anggraini <sup>(1)</sup>

1. Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir Serpong – BATAN  
Kawasan Puspipstek, Serpong, Tangerang

## ABSTRAK

**PERBANDINGAN METODA OTOMATIS DAN METODA MANUAL DALAM PENENTUAN ISOTOP Cr-137 MENGGUNAKAN SPEKTROMETER-GAMMA.** Analisis isotop bahan radioaktif biasanya dilakukan menggunakan Spektrometer Gamma. Dalam pengoperasiannya, alat tersebut menggunakan metoda yang sudah terpasang pada alat tersebut (metoda otomatis). Selain metoda tersebut juga digunakan metoda menggunakan kurva kalibrasi (metoda manual). Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk mengetahui pengaruh kedua teknik tersebut terhadap akurasi dan presisi pengukuran isotop Cs-137. Penentuan isotop Cs-137 dilakukan berdasarkan kalibrasi spektrometer- $\gamma$  menggunakan sumber standar Europium (Eu-152), Cobalt (Co-60), dan Cesium (Cs-137) yang dilakukan pada energi 3 kV dengan waktu cacah 500 detik. Akurasi penentuan isotop Cs-137 menggunakan standar Eu-152, Co-60 dan gabungan Cs-137 dan Co-60 dengan metoda otomatis berturut-turut adalah 99,92%, 99,93%, dan 99,94%. Akurasi penentuan Cs-137 menggunakan standar Eu-152, Co-60, dan gabungan Co-60 dan Cs-137 dengan metoda manual adalah 99,99%, 99,90%, dan 99,88%. Hasil perhitungan uji beda metoda manual dan otomatis menunjukkan bahwa presisi kedua metoda tersebut dapat diterima pada tingkat kepercayaan 95%.

**Kata Kunci :** Metoda otomatis dan manual, isotop Cs 137 dan spektrometer Gamma.

## ABSTRACT

**THE COMPARISON OF AUTOMATIC AND MANUAL METHODS ANALYSIS IN DETERMINING Cs-137 ISOTOPE USING GAMMA-SPECTROMETER.** *The Analysis of radioactive isotopes commonly used by Gamma Spectrometer. That are installed automatically in the apparatus. Beside that are, it used calibration curve in manual method. The purpose of this experiment is to know the precision and accuracy of both methods in determining Cs-137 isotope. The determination of Cs-137 isotope was based of  $\gamma$ -Spectrometer calibration using Europium (Eu-152), Cobalt (Co-60) and Cesium (Cs-137) standard source in 3 kV of operation energy and 500 seconds counting time. The measurement accuracy of Cs-137 isotope determination by means of Eu-152, Co-60 and combination of Cs-137 and Co-60 standard using automatic method respectively are 99,92%, 99,93%, and 99,94%, whereas using manual method are 99,99%, 99,90%, and 99,88%. The difference test of statistic analysis (F-test) showed that the range precision value of manual method and automatic method lie on the 95% confidence level.*

**Keyword :** Otomatic and manual method, Cs-137 isotop and Gamma spectrometer.

## PENDAHULUAN

Spektrometer- $\gamma$  merupakan salah satu alat analisis radiokimia yang digunakan untuk identifikasi suatu radionuklida secara kualitatif dan kuantitatif, berdasarkan penentuan energi dan intensitas sinar- $\gamma$  yang dipancarkan oleh nuklida tersebut<sup>[1,2]</sup>. Dalam pengujian pasca irradiasi elemen bakar nuklir, spektrometer- $\gamma$  digunakan sebagai teknik untuk menganalisis isotop-isotop hasil fisi pemancar gamma diantaranya adalah isotop Cs-137. Isotop ini digunakan sebagai salah satu cara dalam perhitungan *burn up*, yang menjadi salah satu indikator untuk mengetahui unjuk kerja elemen bakar nuklir selama dalam teras reaktor. Perhitungan *burn-up* melalui analisis isotop Cs-137 dengan cara menentukan hasil fisi isotop Cs-134 dibandingkan dengan Cs-137 yang terbentuk dari hasil reaksi atom fisi U-235<sup>[3,4]</sup>. Hasil perhitungan *burn-up* selanjutnya digunakan sebagai data masukan untuk pengembangan bahan bakar nuklir. Berdasarkan pentingnya penentuan isotop Cs-137 ini maka teknik analisis spektrometer- $\gamma$  harus terkalibrasi dengan tepat sehingga data yang dihasilkan akurat dan dapat dipercaya.

Instalasi Radio Metalurgi (IRM) sebagai fasilitas pengujian bahan bakar pasca iradiasi (PIE) memiliki alat Spektrometer- $\gamma$  yang dilengkapi detektor HPGe dengan daerah kerja sampai 2000 keV<sup>[5,6]</sup>. Dalam pengoperasiannya alat tersebut menggunakan metoda otomatis sesuai dengan program E&G Ortec yang terpasang pada alat. Metoda otomatis digunakan karena pengoperasiannya lebih sederhana dan lebih cepat dalam proses kalibrasi energi dengan memasukkan nilai energi dari bahan standar tetapi kalibrasi tersebut hanya menggunakan dua energi. Selain metoda otomatis, teknik manual juga dapat digunakan dengan melalui beberapa tahapan yaitu pengukuran sumber standar, pembuatan kurva kalibrasi energi dan substitusi energi ke dalam persamaan kurva kalibrasi (persamaan regresi). Metoda manual juga menggunakan lebih dari dua energi dalam

proses kalibrasi energinya sehingga diduga metoda manual lebih tepat bila dibandingkan dengan metoda otomatis<sup>[7]</sup>.

Sehubungan dengan hal tersebut maka pada penelitian ini bertujuan untuk membandingkan metoda otomatis dan metoda manual dalam penentuan dan identifikasi isotop/radionuklida melalui kalibrasi energi secara tepat. Analisis dilakukan melalui penentuan isotop Cs-137 menggunakan bermacam-macam sumber standar yaitu Eu-152, Co-60 dan Cs-137.

Penentuan isotop Cs-137 dalam sampel menggunakan metoda otomatis dilakukan dengan cara mengkalibrasi sumber standar Eu-152 yang mempunyai lebih dari 3 spektrum energi dan standar Co-60 yang mempunyai 2 spektrum energi. Pencacahan dilakukan selama 500 detik pada tegangan operasi 3 kV dengan 5 (lima) kali pengulangan. Hasil pencacahan tersebut memberikan nilai intensitas dan puncak spektrum yang menunjukkan nilai energi (keV) sumber standar. Pencacahan sumber standar tersebut digunakan untuk mengidentifikasi isotop Cs-137 dalam sampel sehingga diperoleh nilai energi puncak spektrum dan intensitasnya. Nilai energi diperoleh dari *library* (daftar) isotop program E&G Ortec<sup>[5]</sup>, sedangkan intensitas (cacah) diperoleh dari luas puncak (*peak area*) dengan penentuan ROI (*Read of Interest*) secara otomatis dari program tersebut.

Penentuan isotop Cs-137 menggunakan metoda manual dilakukan menggunakan cara yang berbeda dengan metoda otomatis. Dengan menggunakan metoda manual, dari hasil kalibrasi sumber standar diperoleh nomor salur (alamat spektrum), nilai energi sumber (keV) dari tabel isotop dan nilai intensitasnya<sup>[1]</sup>. Berdasarkan data tersebut, selanjutnya dibuat grafik kalibrasi antara nomor salur terhadap energi sumber standar (keV). Langkah selanjutnya adalah mengukur sampel untuk mengidentifikasi isotop Cs-137. Berdasarkan nomor salur pada puncak spektrum yang terbaca dari hasil pengukuran, maka ditentukan

nilai energi isotop dalam sampel dan nilai intensitasnya. Nilai energi diperoleh dari substitusi nomor salur dalam persamaan kalibrasi, sedangkan nilai intensitas diperoleh dari luas puncak dengan penentuan ROI secara manual yaitu menentukan batas kiri dan kanan dalam distribusi normal (*gaussian*).

## TATA KERJA

### Bahan

Sumber standar Eu-157, Co-60 dan Cs-137.

### Peralatan

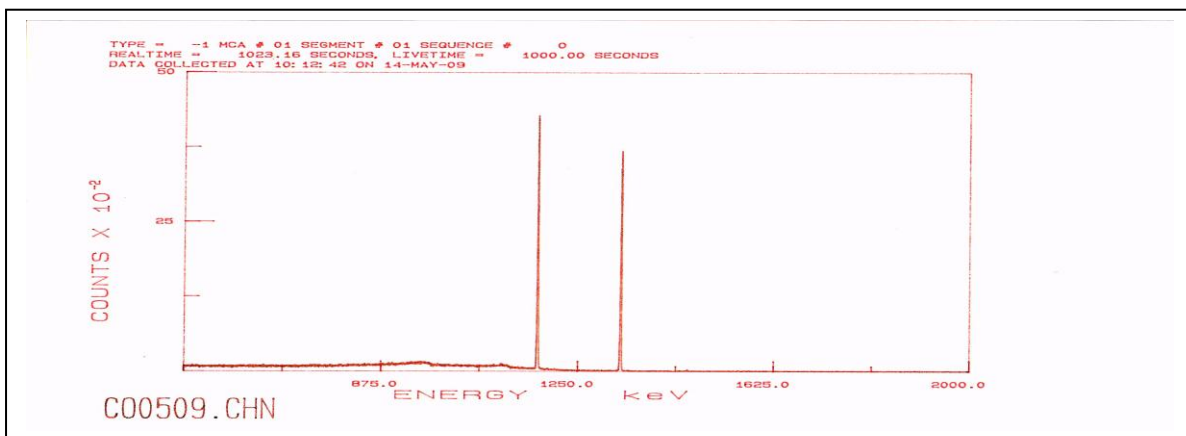
Spektrometer Gamma merk EG & G Ortec

### Cara Kerja

Dalam pengukuran disiapkan 3 (tiga) buah sumber standar yaitu Eu-152, Co-60 dan Cs-137. Sebelum pengukuran dilakukan, alat dikondisikan pada tegangan kerja 3 kV dan tabung dewar terisi nitrogen yang cukup supaya kestabilan detektor terjaga. Untuk penentuan isotop Cs-137 menggunakan metoda otomatis, dilakukan kalibrasi dengan cara mencacah sumber standar Eu-152, Co-60, dan gabungan Cs-137 dan Co-60, masing-masing selama 500 detik pada tegangan operasi 3 kV dengan pengukuran lima kali

pengulangan. Hasil pengukuran berupa spektrum yang memberikan puncak spektrum sesuai dengan energi sumber standar yang dianalisis dan intensitas (*peak area*) standar tersebut. Identifikasi energi sumber standar diperoleh dari tabel<sup>[1]</sup>. Contoh hasil pengukuran menggunakan  $\gamma$ -Spektrometer berupa gambar spektrum seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.

Setelah dilakukan kalibrasi energi menggunakan sumber standar, sampel yang mengandung isotop Cs-137 dicacah untuk diidentifikasi. Selanjutnya dilakukan analisis isotop Cs-137 untuk menentukan nilai akurasi dan presisi pengukuran. Untuk penentuan isotop Cs-137 menggunakan metoda manual, dicacah sumber standar Eu-152, Co-60 dan gabungan Co-60 dan Cs-137 masing-masing dengan lima kali pengulangan. Nomor salur dan intensitas cacahan dicatat. Selanjutnya dibuat kurva kalibrasi untuk masing-masing sumber standar. Dari kurva kalibrasi dilakukan analisis isotop Cs-137 untuk menentukan nilai akurasi dan presisi pengukuran. Penentuan isotop Cs-137 menggunakan metoda otomatis, juga dilakukan pada kondisi (jarak dan waktu cacah) yang sama, dengan lima kali pengulangan pengukuran.



Gambar 1. Spektrum hasil pengukuran standar Co-60<sup>[7]</sup>

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### • Analisis metoda otomatis

Pengukuran sumber standar Eu-152 dilakukan dengan cara meletakkan sumber tersebut pada jarak 11 cm dari detektor dan dicacah selama 500 detik dengan lima kali pengulangan pengukuran

Sementara itu, pengukuran sumber standar Co-60 sama dengan dengan pengukuran gabungan Co-60 dan Cs-137 yaitu dilakukan dengan meletakkan sumber dari detektor berimpit dengan detektor. Data hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Identifikasi sampel berdasar Standar Eu-152 dan Co-60 menggunakan metoda otomatis

Sumber standar	Energi sampel (keV)	Intensitas (ROI)
Eu-152	661,21	120131
	661,20	120707
	661,18	120588
	661,16	119447
	661,15	118981
Co-60	661,22	130956
	661,22	131008
	661,21	131557
	661,18	131554
	661,18	131423
Gabungan Co-60 dan Cs-137	661,30	140518
	661,26	139877
	661,30	140559
	661,28	140763
	661,31	139835

Dari Tabel 1, diketahui bahwa dengan menggunakan standar Eu-152 dan standar Co-60 serta gabungan Co-60 dan Cs-137, sampel teridentifikasi pada energi antara 661,15 keV sampai dengan 661,31 keV. Puncak energi Cs-137 berdasarkan pustaka dari tabel-isotop adalah 661,66 keV<sup>[1]</sup>. Menurut tabel isotop dari program yang terpasang pada alat, dapat ditentukan bahwa pada energi tersebut menunjukkan bahwa sampel mengandung isotop Cs-137<sup>[6]</sup>. Intensitas sampel diperoleh melalui penentuan ROI secara otomatis dari program yang terpasang pada alat. Perbedaan energi dalam rentang (661,66-661,31) atau (661,66-661,15) yaitu antara 0,35 dan 0,51 keV. Perbedaan tersebut masih dapat diterima dalam batas presisi alat dengan kepercayaan

95% dengan nilai rentang energi di bawah nilai *Full Width Half Maximum* (FWHM) yang terukur yaitu 1,6 keV.

### • Analisis metoda manual

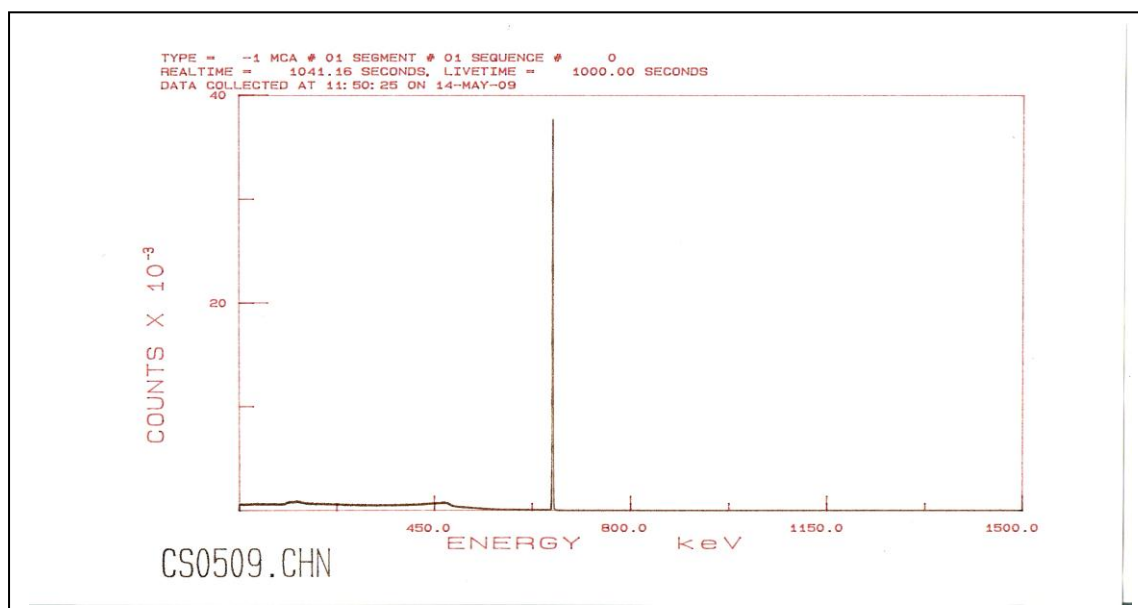
Analisis metoda manual dilakukan pada posisi dan kondisi yang sama dengan kalibrasi metoda otomatis. Hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 2. Dari hasil perhitungan yang diperoleh seperti tercantum pada Tabel 2, selanjutnya dibuat kurva kalibrasi antara nomor salur dan energi (keV) dari masing-masing sumber standar isotop Eu-152, Co-60 dan gabungan antara Co-60 dan Cs-137.

Tabel 2. Kalibrasi Eu-152, Co-60, Cs-137, Gabungan Co-60 & Cs-137 Metoda Manual

Sumber Standar	No. Salur Rata-Rata	Energi (keV) <sup>[1]</sup>	Intensitas Rata-Rata (Live Time = 500 detik)
Eu-152	5621,33	1408,01	908,4
	4439,66	1112,12	652,4
	3847,69	964,13	903,0
	3108,1	778,91	929,2
	1770,37	443,98	325,8
	1639,39	411,11	288,4
	1372,45	344,21	3750,6
	974,62	244,7	1421,0
	484,24	121,78	8409,2
Co-60	4685,20	1173,24	18469
	5321,47	1332,50	15677
Cs-137	2639,63	661,66	131845
Gabungan (Co-60 & Cs-137)	4667,982	1173,24	18952
	5318,094	1332,5	16677
	2639,962	661,66	120089

Kurva kalibrasi Eu-152 terdiri dari beberapa titik. Kurva kalibrasi Co-60 terdiri dari 3 titik dan kurva kalibrasi gabungan Co-60 dan Cs-137 sebagai pembanding kedua kurva terdahulu.

Spektrum pengukuran masing-masing sumber standar ditunjukkan pada Gambar 2. Untuk sumber standar Co-60 telah ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 2. Spektrum sumber standar Eu-152, gabungan (Co-60 & Cs-137)<sup>[7]</sup>

Kurva kalibrasi energi secara manual ditunjukkan pada Gambar 3. Kurva kalibrasi pada Gambar 3 membentuk garis linear

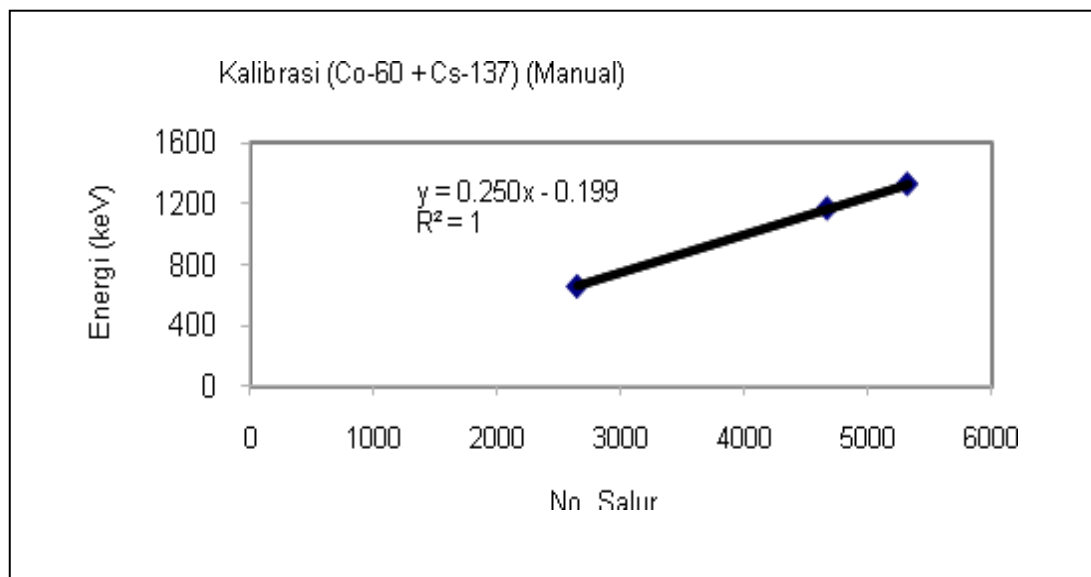
dengan persamaan garis dan nilai regresi linear seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Persamaan garis Eu-152, Co-60 dan gabungan Co-60 & Cs-137

Sumber Standar	Persamaan Garis
Eu-152	$y = 0,250x + 0,646$
Co-60	$y = 0,250x + 0,004$
Cs-137 & Co-60	$y = 0,250x - 0,1996$

Dilakukan pengukuran terhadap sampel untuk mengidentifikasi isotop Cs-137. Energi isotop Cs-137 terletak di dalam rentang energi yang terdapat dalam standar sumber Eu-152, tetapi berada di luar rentang energi

standar sumber Co-60. Sebagai pembandingan, agar energi isotop Cs-137 terletak dalam rentang energi sumber standar, maka dilakukan kalibrasi gabungan Co-60 dan Cs-137.



Gambar 3. Kalibrasi manual sumber standar Eu-152, Co-60 dan gabungan (Co-60 & Cs-137)

Pada metoda manual, dengan memasukkan nomor salur isotop Cs-137 ke dalam persamaan kurva kalibrasi energi pada gambar 3 maka akan diperoleh nilai energi sampel. Energi sampel yang diperoleh berkisar antara 660,97 sampai 662,48 keV (lihat tabel-4). Dari Tabel 1 dapat ditentukan bahwa energi tersebut milik isotop Cs-137.

Energi isotop Cs-137 yang tercantum pada Tabel 1 adalah 661,66 keV. Dengan membandingkan nilai energi hasil pengukuran dan nilai energi dari tabel diperoleh nilai akurasi. Nilai energi hasil pengukuran isotop Cs-137 dan akurasinya juga ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Identifikasi dan akurasi isotop Cs-137

Sumber Standar	Metoda manual		Metoda otomatis	
	Energi Cs-137 (keV)	Akurasi (%)	Energi Cs-137 (keV)	Akurasi (%)
Eu-152	661,61 ± 0,67	99,99	661,18 ± 0,67	99,93
Co-60	660,97 ± 0,02	99,89	661,20 ± 0,22	99,93
Cs-137 & Co-60	662,48 ± 0,22	99,87	661,29 ± 0,20	99,94

Perhitungan energi Cs-137 menggunakan metoda manual disajikan pada Gambar 1 dalam Lampiran. Hasil identifikasi isotop Cs-137 menggunakan metoda manual dan metoda otomatis pada Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai akurasi > 99%. Hal ini menunjukkan bahwa akurasi pengukuran sangat baik. Untuk membuktikan bahwa penentuan isotop Cs-137 yang diperoleh dengan menggunakan metoda manual dan metoda otomatis mempunyai perbedaan yang signifikan atau tidak adalah dengan menggunakan uji uji F (*F-test*).

$$F_{\text{test}} = \frac{SD_1^2}{SD_2^2} \quad (1)$$

SD<sub>1</sub> = standar deviasi pengukuran pertama  
SD<sub>2</sub> = standar deviasi pengukuran kedua  
SD<sub>1</sub> > SD<sub>2</sub>

Dengan menghitung standar deviasi pengukuran dengan pengulangan 5 kali, maka diperoleh nilai standar deviasi seperti tercantum pada Tabel 5. Dari Tabel 5 tersebut, terlihat bahwa hasil perhitungan uji-F menggunakan ketiga standar yaitu standar Eu-152, Co-60 dan gabungan Cs-137 dan Co-60 memberikan nilai yang lebih kecil dibanding terhadap nilai F-tabel<sub>0,05/n=4,4</sub> pada kepercayaan 95%<sup>[8]</sup>. Hal ini menunjukkan bahwa presisi metoda manual dan metoda otomatis tidak mempunyai perbedaan yang signifikan pada tingkat kepercayaan 95%. Demikian pula untuk penentuan energi isotop Cs-137 dapat dilakukan dengan menggunakan kalibrasi standar Eu-152 atau Co-60 atau gabungan standar Cs-137 dan Co-60.

Tabel 5. Standar deviasi (SD) pengukuran energi isotop Cs-137

Sumber Standar	SD Energi Cs-137		Uji F	F-tabel <sub>0,05/n=4,4</sub> <sup>(6)</sup>
	Metoda Manual	Metoda Otomatis		
<b>Eu-152</b>	0,01902	0,0255	1,797	6,39
<b>Co-60</b>	0,01902	0,0205	1,161	6,39
<b>Cs-137 &amp; Co-60</b>	0,01906	0,0220	1,333	6,39

## SIMPULAN DAN SARAN

### • Simpulan

Penentuan energi isotop Cs-137 menggunakan spektrometer-γ dari sumber standar Co-60, Eu-152, serta gabungan

sumber standar Co-60 dan Cs-137 melalui metoda otomatis dan metoda manual memberikan data dengan penyimpangan lebih kecil dari 1% atau akurasi pengukurannya lebih besar dari 99%.

Uji beda presisi pengukuran energi isotop Cs-137 pada derajat kepercayaan 95% melalui metoda otomatis dan manual menunjukkan bahwa kedua metoda tersebut tidak memiliki perbedaan yang signifikan sehingga penentuan isotop Cs-137 secara kualitatif dapat menggunakan metoda otomatis ataupun manual.

#### • Saran

Penentuan isotop Cs-137 secara kualitatif selanjutnya dapat digunakan untuk perhitungan burn up melalui penentuan kadar Cs-137 dalam sampel (kuantitatif) yaitu dengan menghitung perbandingan hasil fisi (Cs-134 / Cs-137) yang terbentuk dari hasil reaksi atom fisil (U-235).

#### DAFTAR PUSTAKA

1. WISNU SUSETYO. *Spektrometri- $\gamma$* . Gadjah Mada University Press, 1988, hlm. 1- 3, 167-169.
2. GILMORE, GORDON, JOHN D. HEMINGWAY. *Practical Gamma-Ray Spectrometry*. John Wiley & Sons, 1995, hlm. 1-35, 129-147.
3. MATLACC, G.M., BUZZELI, G. and LARSEN, R.P. "Cs-137 Determination for Burn-up Measurements by Gamma Spectrometry". Libby/Cockroft Exchange meeting on Burn up, Los Alamos Scientific Lab, Los Alamos, NM, June 9-11, 1969, Paper no.37, hlm 181.
4. ASTM. "Standard Test Method for Cesium-137 in Irradiated Nuclear Fuels by High Resolution Gamma-Ray Spectral Analysis". Designation E-692-79, volume 12.02, Annual Book of ASTM Standards, 2002, hlm. 268-270.
5. ANONIM. "Spectroscopy Amplifier Operating Manual Model 672". EG&G ORTEC, Tenessa, USA, 1988.
6. HENDRIYANTO H.T. "Spektrometri Gamma", Pelatihan Penyelia Laboratorium Analisis Aktivasi Neutron, Pusdiklat-BATAN, 2003, hlm. 5-15.
7. ANONIM. "ACE™ Multichannel Analyzer Operator's Manual A63-B2 / A63-B4". EG&G ORTEC, Tenessa, USA, 1988.
8. ANDERSON, ROBERT L. "Practical Statistics for Analytical Chemist". Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1987, hlm. 54, 290.



### LAMPIRAN

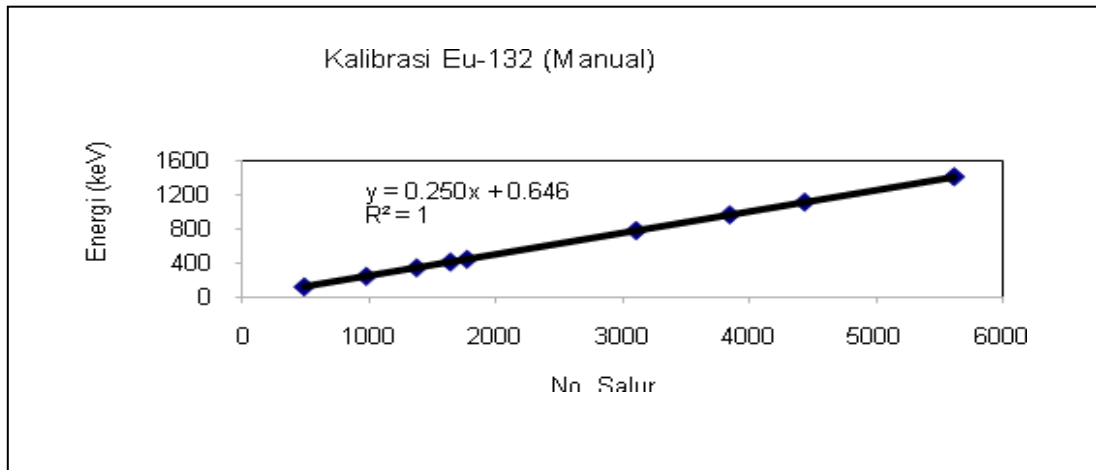
#### • Perhitungan kalibrasi Eu-137

$$y = 0.2504x + 0.646$$

Cs 137 bila x (nomor saluran) = 2639.63, maka y (energi) =  $0,2504 \cdot 2639,63 + 0,646$   
= 661.609853

Akt

**Kalibrasi Eu-132 (Manual)**  
**Kalibrasi Eu-132 (Manual)**



Gambar 1. Kurva kalibrasi Eu-132 secara manual

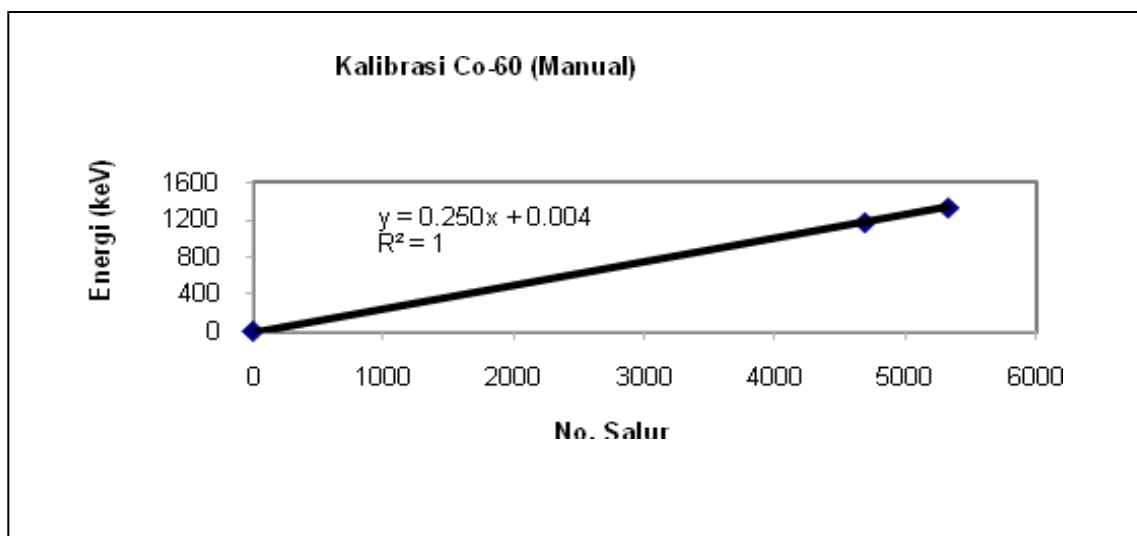
#### • Perhitungan kalibrasi Co-60

$$y = 0.2504x + 0.0041$$

Cs-137 bila x ( nomor salur) = 2639.63, maka y (energy) =  $0,25404 \cdot 2639.63 + 0,004$   
= 660.967953

Akurasi manual =  $660.97 / 661.66$

$$= 0.99895$$



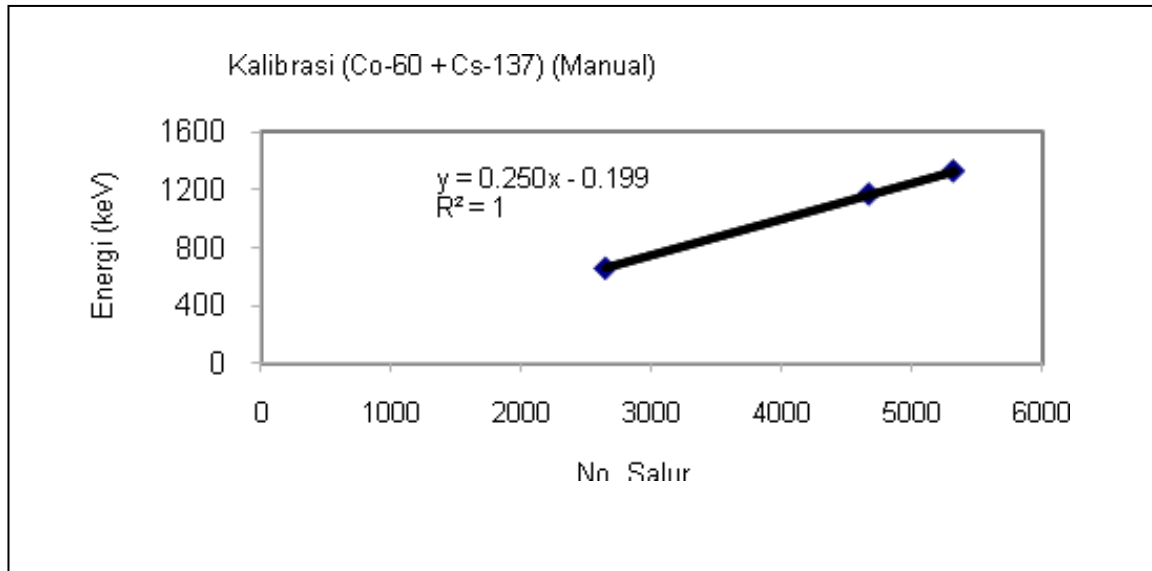
Gambar 2. Kurva kalibrasi Co-60 secara manual

**• Perhitungan kalibrasi gabungan Co-60 + Cs 137**

$$y = 0.2509x + 0.1996$$

Cs-137 bila x (nomor salur) = 2639.63, maka y (energy) =  $0,2509 \cdot 269,63 + 0,1996$   
= 662.483269

Akurasi manual =  $661.66 / 662.48$   
= 0.99876



Gambar 3. Kurva kalibrasi gabungan (Co-60 + Cs 137) secara manual