



UJI FUNGSI SISTEM SPEKTROMETER GAMMA MODEL : BEM - IN1001

Jumari

Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan – BATAN, Yogyakarta
e-mail : jumari@batan.go.id

ABSTRAK

UJI FUNGSI SISTEM SPEKTROMETER GAMMA MODEL : BEM - IN1001. Telah dilakukan uji fungsi terhadap Sistem Spektrometer Gamma model : BEM - IN1001. Sistem Spektrometer Gamma berfungsi untuk mengukur/menganalisis energi radiasi gamma dan mengukur intensitas radiasi gamma. Uji fungsi alat ini meliputi uji statis dan dinamis. Uji statis dilakukan dengan memberi pulsa masukan dari pulse generator, sedangkan uji dinamis dilakukan dengan menggunakan sumber radiasi standar Co-60 dan Cs-137. Untuk uji sistem operasi SCA dilakukan menggunakan pulse generator GL-3 dan didapatkan hasil bahwa untuk operasi Integral, Defferential normal dan Defferential jendela sudah dapat berfungsi dengan baik. Pada pengujian spesifikasi teknis didapatkan hasil pulsa keluaran linier amplifier berbentuk "gaussian", tinggi pulsa maksimum 10V, lebar pulsa $5\mu s$, sedangkan untuk pengujian SCA keluar pulsa kotak positif, tinggi pulsa 4V, lebar pulsa $5\mu s$. Pada uji dinamis dengan menggunakan sumber radiasi standar didapatkan hasil untuk Cs-137 letak energi pada 3,7V (4144 cacah/10 detik), sedangkan untuk Co-60 letak energi ada dua yaitu pertama pada 6,5V (338 cacah/10 detik) dan yang kedua pada 7,4V (293 cacah/10 detik), besarnya resolusi detektor NaI(Tl) untuk Co-60 8%, untuk Cs 137 6%. Dari data hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem spektrometer gamma model : BEM - IN1001 yang dibuat telah berfungsi dengan baik dan memenuhi syarat untuk instrumentasi nuklir.

Kata kunci : Uji Fungsi, Sistem, Spektrometer, Gamma.

ABSTRACTS

FUNCTION TEST OF GAMMA SPECTROMETER SYSTEM MODEL : BEM-IN1001. Function test of gamma spectrometer system model : BEM-IN1001 has been carried out. The function of gamma spectrometer system is for measuring/analyzing gamma radiation energy and for measuring of gamma radiation intensity. Function test of this instrument consists of statics test and dynamic test. Statics test was carried out by giving input pulse from pulse generator, whole dynamic test was done by using Co-60 dan Cs-137 radiation source. For function test of operation system of SCA done using pulse generator GL-3 and it's found that for operation of integral, differential normal and differential windows can function good enough. On technical specification test it's found that the output pulse linear amplifier is "gaussian", maximum pulse high 10V, width pulse $5\mu s$, and then for output SCA is square positive pulse, pulse amplitude 4V, width pulse $5\mu s$. The results for dynamic test with using standard radiation source of Cs-137 energy peak on 3,7V (4144count/10s), and then for Co-60 energy peak on 6,5V (338count/10s) and 7,4V (293count/10s), The resolution of NaI(Tl) detector for Co-60 8%, for Cs-137 6%. From the data test result indicate that gamma spectrometer system model BEM-IN1001 has been made is good function and recommended for nuclear instrumentation.

Key words : Function Test, System, Spectrometer, Gamma.

PENDAHULUAN

Sistem Spektrometer Gamma (Gamma Spectrometer System) adalah alat yang

digunakan untuk mengukur/menganalisis besarnya energi radiasi gamma dan sekaligus untuk mengetahui besarnya intensitas radiasi gamma yang dipancarkan oleh sumber radiasi gamma^[1].



Untuk pengadaan unit alat Sistem Spektrometer Gamma dari luar negeri misalnya merek ORTEC atau CANBERRA harganya cukup mahal dan disamping itu teknologi sistem spektrometer gamma sudah bisa dikuasai dan didukung oleh komponen elektronik yang sudah tersedia dipasaran lokal, maka untuk itu telah dibuat Sistem Spektrometer Gamma model BEM – IN1001. Untuk mengetahui kualitas Sistem Spektrometer Gamma yang dibuat maka mutlak harus dilakukan uji kualitas (*Quality Control*)/uji fungsi (*Function Test*)^[2].

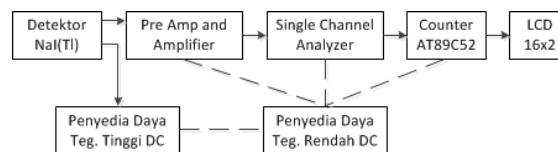
Tujuan uji fungsi Sistem Spektrometer Gamma model BEM - IN1001 yang dibuat adalah untuk mengetahui kualitas hasil produk alat apakah sudah berfungsi dengan baik atau belum, adapun tujuan utamanya untuk memenuhi kebutuhan alat Sistem Spektrometer Gamma di laboratorium elektronika dan instrumentasi Balai Elektromekanik.

Lingkup kegiatan uji fungsi ini meliputi pengujian sub sistem dan pengujian seluruh sistem, dalam pengujian sub sistem dimulai dari pengujian penyedia daya tegangan rendah DC, penyedia daya tegangan tinggi DC, *Amplifier*, *Single Channel Analyzer (SCA)*, *Counter/Timer*, sedangkan pada pengujian seluruh sistem meliputi pengujian statis dan dinamis. Pada uji statis dilakukan dengan memberi pulsa masukan dari *pulse generator* GL-3, pada pengujian statis ini diantaranya termasuk uji sistem operasi SCA yang meliputi operasi Integral, Defferential normal dan Defferential jendela dan pengujian linieritas pencacahan terhadap counter. Sedangkan uji dinamis dilakukan dengan menggunakan sumber radiasi standar Co-60 dan Cs-137, dalam hal ini dilakukan pengukuran spektrum energi terhadap sumber radiasi gamma yang digunakan, kemudian dari gambar spektrum tersebut dicari harga resolusi dari detektor NaI(Tl) yang digunakan.

Selanjutnya untuk mengetahui harga stabilitas pencacahan sistem spektrometer gamma BEM – IN1001 yang dibuat maka dilakukan uji stabilitas pencacahan dengan metode *Chi Square Test*^[2], dengan melakukan pencacahan sebanyak 20x (n=20), dan mengambil tingkat kepercayaan 99%.

TEORI

Sistem Spektrometer Gamma model BEM - IN1001 yang diuji terdiri dari detektor NaI(Tl), Penyedia daya tegangan rendah DC, Penyedia daya tegangan tinggi DC 1000V, *Pre Amplifier*, *Linear Amplifier*, *Single Channel Analyzer*, *counter/timer*. Blok diagram spektrometer gamma disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Sistem Spektrometer Gamma model : BEM - IN1001

Penyedia daya tegangan rendah DC digunakan sebagai catu daya seluruh sistem elektronik spektrometer gamma, sedangkan penyedia daya tegangan tinggi DC digunakan untuk mencatu detektor NaI(Tl). Prinsip kerja Sistem Spektrometer Gamma tersebut adalah sebagai berikut : Sinar radiasi gamma yang datang akan mengenai kristal scintilator kemudian akan muncul pendar cahaya, pendar cahaya mengenai fotokatoda dan akan diubah menjadi elektron, selanjutnya elektron akan dilipat gandakan pada tabung PMT (*Photo Multiplier Tube*) dan akhirnya pada Anoda akan muncul pulsa listrik dengan polaritas negatif, sedangkan kalau dari terminal dinoda terakhir akan muncul pulsa positif. Dalam hal ini pulsa keluaran detektor diambil dari terminal dinoda berpolaritas positif berorde puluhan mV. Pulsa tersebut diteruskan ke Pre Amplifier untuk dikuatkan tinggi pulsanya dan akan dibentuk menjadi pulsa “*semi gaussian*” berorde mV. Kemudian oleh Linear Amplifier pulsa semi gaussian tersebut akan dikuatkan menjadi maksimum 10 V dan dibentuk menjadi pulsa “*gaussian*” dengan lebar pulsa 5 μ s^[3]. Pulsa gaussian dimasukkan ke SCA dan oleh SCA akan dianalisis tinggi pulsanya serta dirubah menjadi pulsa logic/TTL dengan tinggi pulsa 3V – 5 V, lebar pulsa 5 μ s^[3].

Selanjutnya pulsa TTL dimasukkan ke *Counter* berbasis mikrokontroler AT89C52^[4] dan selanjutnya ditampilkan ke *LCD 16x2*^[5] untuk dicacah/dihitung berapa jumlah pulsa radiasi gamma yang ditangkap oleh detektor NaI(Tl) persatuan waktu. Cara uji fungsi Sistem Spektrometer Gamma model BEM-IN1001 meliputi uji fungsi sub sistem dan seluruh sistem. Pada pengujian sub sistem dimulai dari penyedia daya tegangan rendah DC yang terdiri dari pengukuran tegangan keluaran, arus beban, tegangan *ripple*, untuk uji fungsi penyedia daya tegangan tinggi DC 1000 V meliputi stabilitas keluaran tegangan, arus beban, tegangan beban, faktor regulasi tegangan dan serta tegangan noise. Kemudian untuk uji fungsi Amplifier meliputi bentuk pulsa, tinggi pulsa dan lebar pulsa, linieritas penguatan dan *band with amplifier*. Untuk uji fungsi SCA meliputi pengukuran tinggi pulsa, bentuk pulsa dan lebar pulsa serta analisis tinggi pulsa. Sedangkan untuk uji fungsi counter dilakukan uji linieritas pencacahan. Pada uji statis dilakukan menggunakan pulse generator sedangkan uji dinamis dilakukan



**PROSIDING SEMINAR
PENELITIAN DAN PENGELOLAAN PERANGKAT NUKLIR
Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan
Yogyakarta, 26 September 2012**

menggunakan sumber radiasi gamma Co-60 dan Cs-137, dan uji stabilitas pencacahan sistem spektrometer gamma dengan *Chi Square Test* (X^2)

TATA KERJA

Uraian Kegiatan :

1. Membuat draf dokumen pengujian sistem spektrometer gamma.
2. Melakukan pengujian tiap sub sistem mulai dari penyedia daya tegangan rendah DC, penyedia daya tegangan tinggi DC 1000 V, *amplifier*, *single channel analyzer*, *counter/timer*.
3. Melakukan pengujian seluruh sistem spektrometer gamma.
4. Melakukan uji stabilitas pencacahan sistem spektrometer gamma.
5. Evaluasi dan pengolahan data hasil pengujian sistem spektrometer gamma.
6. Pembuatan laporan hasil pengujian.

Alat/Bahan Yang Digunakan :

1. Pulse Generator Model GL-3.
2. DC Power Supply ISO-TECH IPS2303A.
3. Multimeter Digital Sanwa model PC 510.
4. Multimeter analog Sanwa CX506a
5. Oscilloscope Textronic 100 MHz tipe 2232.
6. Digital Frequency Counter.
7. Sumber radiasi standar Co-60 dan Cs-137

Foto alat sistem spektrometer gamma model : BEM – IN1001 yang diuji disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Alat Sistem Spektrometer Gamma model : BEM-IN.1001

HASIL PENGUJIAN

1. Pengujian penyedia daya tegangan rendah DC :

Tabel 1. Hasil pengujian penyedia daya tegangan rendah DC

No.	Tegangan DC tanpa beban		Arus beban	Tegangan DC dengan beban	Tegangan ripple	
	Diharapkan	Terukur			Diharapkan	Terukur
1.	+ 5 ($\pm 0,25V$)	+ 5V	1 A	+ 4,95 V	≤ 20 mV	7,4 mV
2.	+12 ($\pm 0,5V$)	+ 12V	1 A	+ 11,93 V	≤ 20 mV	7,5 mV
3.	- 12 ($\pm 0,5V$)	+ 12V	1 A	+ 11,92 V	≤ 20 mV	8 mV

Mencari Faktor Regulasi (FR) dengan rumus:

$$FR = \frac{V_{nL} - V_L}{V_{nL}} \times 100\%$$

dimana : *FR* = faktor regulasi
V_{nL} = tegangan tanpa beban

$$FR = \frac{5V - 4,95V}{5V} \times 100\%$$

V_L = tegangan dengan beban

FR = 1 %, selanjutnya hasilnya dimasukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Faktor Regulasi tegangan rendah DC

No.	Tegangan DC tanpa beban (<i>V_{nL}</i>)	Tegangan DC dengan beban (<i>V_L</i>)	Faktor Regulasi	
			Diharapkan	Terukur
1.	+ 5,00 V	+ 4,95 V	≤ 5 %	1 %
2.	+ 12,00 V	+ 11,93 V	≤ 5 %	1,4 %
3.	+ 12,00 V	-11,92 V	≤ 5 %	1,6 %

2. Pengujian Penyedia Daya Tegangan Tinggi DC 1000V

Tabel 3. Data hasil pengujian penyedia daya tegangan tinggi DC

No.	Bagian yang diukur	Diharapkan	Terukur
1.	Frekuensi osilator	5 – 30 kHz	17,5 kHz
2.	Tegangan keluaran maksimum	+ 1000 V	+ 1000 V
3.	Arus beban maksimum	1 mA	1 mA
4.	Tegangan noise tanpa beban	≤ 10 mV	5 mV
5.	Tegangan noise dengan beban	≤ 20 mV	10 mV



No.	Bagian yang diukur	Diharapkan	Terukur
6.	Stabilitas tegangan tanpa beban	$\leq 0,3 \%$	0,187 %
7.	Stabilitas tegangan dengan beban	$\leq 0,3 \%$	0,189%
8.	Tegangan tinggi tanpa beban	1000 V	1000 V
9.	Tegangan tinggi dengan beban	995 V – 1000 V	997 V
10.	Regulasi tegangan	$\leq 0,5 \%$	0,3 %

3. Pengujian rangkaian Linear Amplifier dengan pulse generator.

Tabel 4. Data hasil pengujian rangkaian linear amplifier

No.	Bagian Yang Diuji	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Pengukuran
1.	Tinggi pulsa keluaran	Maksimum 10 Volt	10 Volt
2.	Bentuk Pulsa keluaran	Gaussian	Gaussian
3.	Lebar pulsa keluaran	3 - 6 μ s	5 μ s
4.	Rise time	0,75 μ s – 2,5 μ s	2 μ s
5.	Decay time	0,75 μ s – 2,5 μ s	2 μ s
6.	Tegangan ripple (noise)	≤ 20 mV	10 mV
7.	Penguatan amplifier maksimum	Maksimum 1000x	1000x
8.	Band width amplifier	≥ 100 kHz.	100 kHz.

4. Pengujian Single Channel Analyzer.

Pengujian spesifikasi teknis SCA

Tabel 5. Data hasil pengujian spesifikasi teknis single channel analyzer.

No.	Bagian Yang Diuji	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Pengukuran
1.	Bentuk pulsa keluaran	Pulsa kotak positif	Pulsa kotak positif
2.	Tinggi pulsa keluaran	4 – 5 Volt	4 Volt
3.	Lebar pulsa keluaran	5 – 10 μ s	5 μ s

Pengujian Sistem Operasi Integral.

Tabel 6. Data hasil pengujian operasi integral.

No.	Lower level	Tinggi pulsa masukan SCA	
		diharapkan	terukur
1.	1 V	1 – 10 V	1 – 10 V
2.	2 V	2 – 10 V	2 – 10 V
3.	3 V	3 – 10 V	3 – 10 V
4.	4 V	4 – 10 V	4 – 10 V
5.	5 V	5 – 10 V	5 – 10 V
6.	6 V	6 – 10 V	6 – 10 V
7.	7 V	7 – 10 V	7 – 10 V
8.	8 V	8 – 10 V	8 – 10 V
9.	9 V	9 – 10 V	8,8 – 10 V



**PROSIDING SEMINAR
PENELITIAN DAN PENGELOLAAN PERANGKAT NUKLIR
Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan
Yogyakarta, 26 September 2012**

Pengujian Sistem Operasi Defferential Jendela Untuk lebar jendela (Uper Level) = 0,1 Volt

Tabel 7. Data hasil pengujian operasi defferential jendela.

No.	Lower level	Tinggi pulsa masukan SCA	
		yang diharapkan	terukur
1.	1 V	1 s/d 1,1 V	1 s/d 1,1 V
2.	2 V	2 s/d 2,1 V	2 s/d 2,1 V
3.	3 V	3 s/d 3,1 V	3 s/d 3,1 V
4.	4 V	4 s/d 4,1 V	4 s/d 4,1 V
5.	5 V	5 s/d 5,1 V	5 s/d 5,1 V
6.	6 V	6 s/d 6,1 V	6 s/d 6,1 V
7.	7 V	7 s/d 7,1 V	7 s/d 7,1 V
8.	8 V	8 s/d 8,1 V	8 s/d 8,1 V
9.	9 V	9 s/d 9,1 V	8,8 s/d 9 V

Pengujian Sistem Operasi Defferential Normal

Tabel 8. Data hasil pengujian operasi defferential normal.

No.	Lower level (LL)	Uper level (UL)	Tinggi pulsa masukan SCA	
			yang diharapkan	terukur
1.	1 V	2 V	1 – 2 V	1 s/d 2 V
2.	1 V	3 V	1 – 3 V	1 s/d 3 V
3.	1 V	4 V	1 – 4 V	1 s/d 4 V
4.	1 V	5 V	1 – 5 V	1 s/d 5 V
5.	1 V	6 V	1 – 6 V	1 s/d 6 V
6.	1 V	7 V	1 – 7 V	1 s/d 7 V
7.	1 V	8 V	1 – 8 V	1 s/d 8 V
8.	1 V	9 V	1 – 9 V	1 s/d 9 V
9.	1 V	10 V	1 – 10 V	1 s/d 10 V

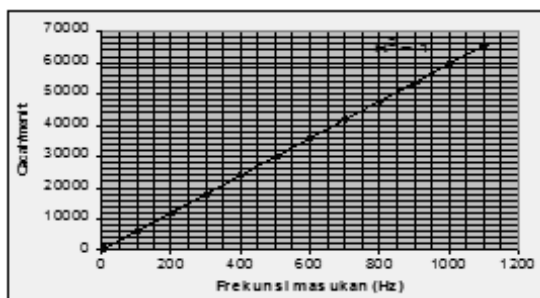
Pengujian Counter/Timer

Tabel 9. Hasil pengujian linieritas pencacahan counter.

No.	Frekuensi masukan (Hz)	Cacah ideal yang diharapkan (cpm)	Cacah pada LCD (cpm)
1	10	600	596
2	100	6000	5918
3	200	12000	11985
4	300	18000	17927
5	400	24000	23983
6	500	30000	29859
7	600	36000	35958
8	700	42000	41799
9	800	48000	47798
10	900	54000	53597
11	1000	60000	59685
12	1100	66000	65588



Dari data Tabel 7 kemudian disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 3.

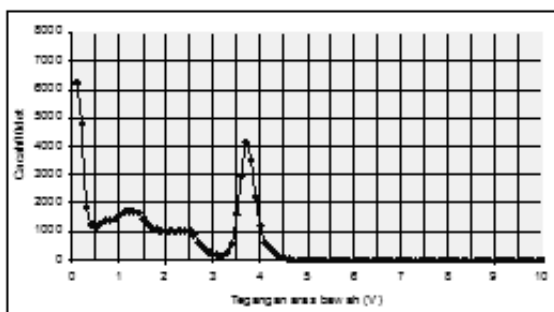


Gambar 3. Grafik linieritas pencacahan Counter

5. Pengujian untuk pengukuran spektrum sumber radiasi Cs-137 dan Co-60.

Pengujian pencacahan dengan sumber radiasi γ Cs-137. Sistem operasi Defferential Jendela dengan lebar jendela (Upper Level) 0,1V

Hasil pengujian spektrum sumber radiasi gamma Cs-137 disajikan dalam bentuk grafik spektrum sumber radiasi gamma Cs-137 pada Gambar 4.

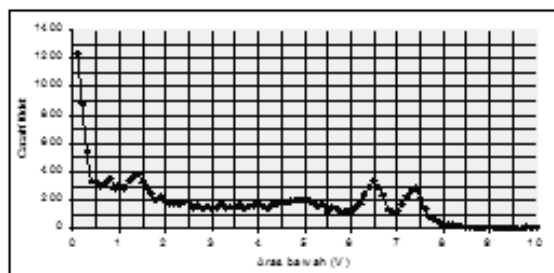


Gambar 4. Spektrum sumber radiasi standar Cs-137

Letak energi radiasi γ Cs-137 pada 3,7V (4144 cacah/10 detik).

Pengujian Pencacahan Dengan Sumber Radiasi γ Co-60 Sistem operasi Defferential Jendela dengan lebar jendela (Upper Level) 0,1V

Hasil pengujian spektrum sumber radiasi gamma Co-60 disajikan dalam bentuk grafik spektrum sumber radiasi gamma Co-60 pada Gambar 5.



Gambar 5. Spektrum sumber radiasi standar Co-60

Letak tenaga radiasi γ sumber standar Co-60 :

1. Yang pertama pada 6,5 V dengan angka cacahan sebesar 338 cacah/10det.
2. Yang kedua pada 7,4 V dengan angka cacahan sebesar 293 cacah/10det.

PEMBAHASAN

1. Dari Tabel 1 data hasil pengujian penyedia daya tegangan rendah DC terlihat bahwa harga tegangan DC dengan beban terukur masing-masing + 4,95 V ; + 11,93 V ; 11,92 V dan harga-harga tersebut masuk pada batasan harga yang telah ditentukan, sedangkan harga tegangan ripple dengan beban terukur masing-masing + 5 V = 7,4 mV ; + 12 V = 7,5 mV ; - 12 V = 8 mV, harga-harga tersebut cukup baik dan memenuhi syarat untuk digunakan. Dari perhitungan faktor regulasi (FR) tegangan rendah untuk masing-masing penyedia daya tegangan rendah DC + 5 V = 1 % ; + 12 V = 1,4 % ; - 12 V = 1,6 % dan harga tersebut masuk batasan yang ditentukan yaitu $\leq 5\%$ ^[6], berarti cukup bagus.

2. Untuk penyedia daya tegangan tinggi DC didapatkan harga stabilitas tegangan tinggi tanpa beban = $(V_2 - V_1) / V_1 \times 100\% = (1001,87 \text{ V} - 1000 \text{ V}) / 1000 \text{ V} \times 100\% = 0,187\%$, sedangkan harga stabilitas tegangan tinggi dengan beban = $(V_2 - V_1) / V_1 \times 100\% = (901,89 \text{ V} - 900 \text{ V}) / 900 \text{ V} \times 100\% = 0,189\%$. Menurut standar ORTEC stabilitas tegangan tinggi yang diijinkan $\leq 0,3\%$ ^[7], harga hasil pengukuran stabilitas tegangan tinggi tanpa beban 0,187 % dan dengan beban 0,189 % dan kedua harga tersebut masih dalam batasan yang diijinkan.

3. Faktor regulasi (FR) tegangan tinggi sebesar.

$$FR = \frac{V_{nL} - V_L}{V_{nL}} \times 100\% \quad \text{dimana } V_{nL} =$$

tegangan tanpa beban dan V_L = tegangan beban.

$$FR = \frac{1000 \text{ V} - 997 \text{ V}}{1000 \text{ V}} \times 100\% = 0,3\%$$

Harga faktor regulasi 0,3 % masuk dalam batasan diijinkan adalah $\leq 0,5\%$.

4. Keluaran tegangan tinggi maksimum +1000V DC, kemampuan arus beban 1 mA, tegangan noise tanpa beban 5mV, tegangan noise dengan beban sebesar 10 mV, harga tersebut masih dibawah 20 mV berarti cukup baik.
5. Pada pengujian Linear Amplifier diperoleh tinggi pulsa keluaran maksimum 10 V, bentuk pulsa keluaran merupakan pulsa gaussian dengan lebar pulsa 5 μ s, tegangan noise 10 mV.
6. *Band width linear amplifier* terukur 100 kHz, hal ini berarti besarnya *band width* sudah memenuhi ketentuan/standar ORTEC.



**PROSIDING SEMINAR
PENELITIAN DAN PENGELOLAAN PERANGKAT NUKLIR
Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan
Yogyakarta, 26 September 2012**

7. Harga linieritas penguatan Amplifier adalah $R^2 = 0,9997$, hal ini berarti harga linieritas penguatan Amplifier sangat baik karena harganya mendekati 1.
8. Pada pengujian SCA pada operasi Integral, Differential Jendela dan Differential Normal secara garis besarnya sudah berfungsi sebagaimana mestinya.
9. Untuk pengujian Counter dengan melakukan uji linieritas pencacahan pada transfer data antara frekuensi masukan dari 10 Hz sampai 1100 Hz dengan angka cacah/menit pada LCD maka didapatkan harga linieritas pencacahan (R^2) = 1, hal ini menunjukkan bahwa linieritas transfer data hasil pencacahan sangat baik karena R^2 bisa mencapai harga maksimum = 1.
10. Untuk pengujian seluruh sistem spektrometer gamma untuk analisis spektrum energi sumber radiasi standar Cs-137 bahwa letak energi sumber radiasi γ standar Cs-137 pada 3,7 V dengan angka cacahan sebesar 4144 cacah/10 det. Pada grafik Cs-137 dibawah energi 0,5V terdapat grafik yang tinggi hal tersebut adalah karena sumbangan radiasi *back ground*.

Besarnya resolusi detektor NaI(Tl) untuk Cs-137 = $(FWHM/E) \times 100\% = (0,6V/10V) \times 100\% = 6\%$.

Kemudian untuk spektrum energi sumber radiasi standar Co-60 didapatkan bahwa letak energi sumber radiasi γ standard Co-60 ada dua, pertama pada 6,5V (338 cacah/10 det) dan yang kedua pada 7,4V (293 cacah/10 det).

Pada grafik Co-60 dibawah energi 0,5V terdapat grafik yang tinggi hal tersebut adalah karena sumbangan radiasi *back ground*. Sedangkan pada energi 0,75V dan 1,5V kemungkinan pengaruh dari terjadinya efek *compton*.

Besarnya resolusi detektor NaI(Tl) untuk Co-60 = $(FWHM/E) \times 100\% = (0,8V/10V) \times 100\% = 8\%$.

Adapun waktu pencacahan diset 10 detik karena aktivitas sumber radiasi Co-60 sudah rendah sekali maka waktu pencacahan dibuat 10 detik supaya angka cacahan radiasi lebih banyak.

KESIMPULAN

1. Pada pengujian Linear Amplifier diperoleh tinggi pulsa keluaran maksimum 10 V, bentuk pulsa keluaran gaussian, lebar pulsa 5 μ s, tegangan noise 10 mV, *band width* 100 kHz dan linieritas penguatan Amplifier adalah $R^2 = 0,9997$, harga-harga ini cukup baik dan memenuhi syarat untuk digunakan.
2. Pada pengujian stabilitas tegangan tinggi DC diperoleh harga stabilitas tegangan dengan beban 0,189 %, harga tersebut masih dalam batasan yang diijinkan ($\leq 0,3\%$), dan mempunyai

faktor regulasi (FR) tegangan tinggi 0,3 % sedangkan faktor regulasi yang diijinkan adalah $\leq 0,5\%$.

3. Keluaran tegangan tinggi maksimum adalah + 1000 V DC dengan kemampuan arus beban 1 mA, tegangan noise tanpa beban 5 mV, dengan beban sebesar 10 mV, harga tersebut masih \leq dibawah 20 mV berarti cukup baik.
4. Jadi secara keseluruhan data dari hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem spektrometer gamma model : BEM-IN1001 yang dibuat sudah dapat berfungsi dengan baik.

UCAPAN TERIMAKASIH

Diucapkan terimakasih pada rekan-rekan staf BEM yang secara tidak langsung telah membantu dalam pelaksanaan pengujian sistem spektrometer gamma BEM -IN1001 dan pejabat struktural yang telah menugaskan dan memfasilitasi kegiatan pengujian ini sehingga dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA :

1. **SUSETYO W**, (1988), "Spektrometri Gamma dan Penerapannya" PPBMI-BATAN, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
2. **IAEA – TECDOC 317** (1984), Quality Control of Nuclear Medicine Instruments, VIENNA, AUSTRIA.
3. **NICHOLSON, P.W**, (1974), Nuclear Electronics, University of London, A Wiley-Interscience Publication.
4. **Wiranto**, (2004), Diktat Aplikasi Mikrokontroler dalam Instrumentasi Nuklir", Pusdiklat –BATAN, Jakarta.
5. **USER MANUAL** (1987), "Liquid Crystal Display Modul M1632", Seiko
6. **ORTEC** (1991), Operating and Service Manual of Low Voltage DC Power Supply, USA.
7. **ORTEC** (1991), Operating and Service Manual of High Voltage DC Power Supply, USA.

TANYA JAWAB

Irianto

- Apakah tujuan pengukuran *band width* linear amplifier pada uji fungsi sistem spektrometer gamma?

Jumari

- ✧ Tujuan pengukuran *band width* linear amplifier yang dibuat adalah untuk mengetahui jangkauan/rentang frekuensi pulsa yang dapat diolah/diproses oleh linear amplifier, dalam hal ini hasil pengukuran *band*



width adalah 100 kHz ini sama dengan besar band width linear amplifier produk ORTEC.

Setyo atmojo

- Dari hasil uji fungsi berapa harga resolusi detektor yang digunakan dan apakah sesuai dengan spesifikasi detektor NaI(Tl) yang dipakai?
- Berapa harga linieritas pencacahan spectrometer gamma yang dibuat?

Jumari

- ✧ Dari pengukuran spectrum Cs-137 diperoleh harga resolusi detektor 6% sedangkan untuk

sumber radiasi Co-60 diperoleh harga resolusi detektor 8%, harga ini sudah sesuai dengan resolusi detektor NaI(Tl) yang digunakan, besarnya $\pm 8\%$.

- ✧ *Harga linieritas pencacahan spektrometer gamma yang dibuat $R^2 = 1$, harga ini sangat bagus dan ideal sehingga memenuhi syarat untuk digunakan.*