

UJI BANDING PENGUAT PULSA SISTEM SPEKTROMETER GAMMA TENNELEC TC 244

Nugraha Luhur, Subiharto, Unggul Hartoyo
Pusat Reaktor Serba Guna – BATAN
e-mail : nugrahal@batan.go.id

ABSTRAK

UJI BANDING PENGUAT PULSA SISTEM SPEKTROMETER GAMMA TENNELEC TC 244. Telah dilakukan pengujian tiga buah modul penguat pulsa sistem spektrometer gamma (*amplifier spectrometer*) buatan *TENNELEC* jenis sama yaitu *TC 244*. Pada perangkat spektrometer gamma penguat pulsa berfungsi untuk memperbesar *amplitudo* tegangan keluaran detektor radiasi (pengaturan *coarse gain* dan *fine gain*) dan berfungsi untuk membentuk atau mengolah pulsa menjadi spektrum energi menjadi semi *gaussian* (pengaturan *shaping time* dan *pole-zero conelation*) agar penguat pulsa dapat bekerja secara optimum. Sebelum penguat pulsa pada perangkat spektrometer gamma dipergunakan untuk melakukan analisis, penguat pulsa harus di *setting/set-up* pada unjuk kerja yang optimum, karena salah satu parameter yang mempengaruhi resolusi deteksi adalah pengaturan *shaping time*. Pengaturan *shaping time* yang cepat atau lambat berpengaruh terhadap lebar dan sempitnya spektrum yang dihasilkan oleh penguat pulsa yang akan berdampak pada tinggi pulsa menjadi bertambah atau berkurang yang akhirnya akan berpengaruh pada resolusi deteksi atau daya pisah (*FWHM = Full Width at Half Maximum*). Uji banding dilakukan dengan cara melakukan pengukuran sumber standar Co-60 pada energi 1332 keV dengan memvariasi *shaping time* pada penguat pulsa dan mengamati resolusi energi pada spektrum yang dihasilkan, sedangkan penguatan pada *coarse gain* dan *fine gain* diatur sehingga keluaran penguat pulsa menghasilkan *amplitudo* sebesar 10 Volt. Diperoleh skala *set-up shaping time* untuk penguat pulsa S/N 2724 pada posisi 1,5 μ s dengan FWHM 2,0 keV, untuk penguat pulsa S/N 2403 pada posisi 4 μ s dengan FWHM 2,0 keV dan untuk penguat pulsa S/N 3303 pada posisi 4 μ s dengan FWHM 1,9 keV. Dari tiga buah modul penguat pulsa buatan *TENNELEC type TC 244* diperoleh *setting (set-up) shaping time* yang berbeda untuk menghasilkan kinerja dan resolusi yang optimum walaupun dari produk dan jenis penguat pulsa yang sama.

Kata kunci: penguat pulsa, *amplifier*, *shaping time*

ABSTRACT

COMPARATIVE TESTING AMPLIFIER SPECTROMETER TENNELEC TC 244 OF GAMMA SPECTROMETER SYSTEM. Comparative testing three amplifier spectrometer TENNELEC same types TC 244 modules of gamma spectrometer system have been done. In the spectrometer gamma system, amplifier serves to increase the output voltage amplitude of the radiation detector (setup coarse and fine gain) and serves to establish or cultivate pulses into the energy spectrum into a semi-gaussian (setup shaping time and pole-zero conelation) so that the amplifier can work at its optimum spectrometer. Before amplifiers spectrometer on gamma spectrometer device used to perform the analysis, amplifier spectrometer should be setup at optimum performance, because one of the parameters that affect the resolution of detection is shaping regulation time. Setup shaping time that sooner or later affect the broad and narrow spectrum produced by the amplifier spectrometer that will impact the pulse height be increased or decreased which ultimately will affect the resolution of the detection or separation power Full Width at Half Maximum (FWHM). Comparative tests conducted by measuring the standard sources Co-60 at an energy 1332 keV by varying the shaping time the amplifier spectrometer and observe the energy resolution in the spectrum produced, while strengthening the coarse gain and fine gain is set so that the output amplifier spectrometer generates an amplitude of 10 Volts , Retrieved scale setup time for the amplifier spectrometer for S/N 2724 on a position of 1.5 μ s at 2.0 keV FWHM, for amplifiers spectrometer S/N 2403 on position 4 μ s with a FWHM of 2.0 keV and a spectrometer amplifier S/N 3303 at position 4 μ s with a FWHM of 1.9 keV. Of the three artificial amplifier spectrometer TENNELEC TC 244 type modules obtained setup shaping a different time to produce optimum performance and resolution although of products and the same type of amplifier spectrometer.

Keywords: *pulse amplifier*, *amplifier*, *shaping time*

PENDAHULUAN

Penggunaan spektrometer gamma untuk tujuan analisis zat radioaktif yang memancarkan radiasi gamma, harus diyakinkan bahwa kondisi pengaturan (*set-up*) perangkat spektrometer pada kondisi kerja yang optimum yaitu pada pengaturan tegangan tinggi detektor, *coarse gain*, *fine gain*, *shaping time*, *pole-zero cocelation* dan lainnya. Perangkat spektrometer gamma generasi tahun 2000 masih menggunakan beberapa modul-modul elektronik yang terdiri dari detektor radiasi gamma (biasanya detektor germanium kemurnian tinggi (*High purity Germanium/HP-Ge*) beserta penguat awal (*pre-amplifier*), suplai tegangan tinggi detektor (*High Voltage/HV*), penguat pulsa (*spectroscopy amplifier*), dan penganalisis saluran ganda (*Multi Channel Analyzer/MCA*) yang biasanya dapat di gabungkan dengan sebuah komputer. Sedangkan pada generasi terbaru, perangkat spektrometer gamma sudah dalam bentuk satu unit kesatuan yang cukup komplet dalam satu buah modul elektronik yang didalamnya sudah terdapat satu kesatuan modul-modul tersebut.

Kinerja spektrometer gamma ditunjukkan oleh beberapa parameter, diantaranya, yaitu resolusi energi, efisiensi, *gauss ratio* dan *peak to compton ratio*. Parameter yang utama yang biasa diamati pada sistem spektrometer adalah kondisi resolusi energi. Resolusi energi adalah kemampuan sistem spektrometer untuk membedakan dua puncak energi yang berdekatan. Parameter resolusi ini ditunjukkan oleh *FWHM* (*Full Width at Half Maximum*) atau lebar puncak energi pada setengah tinggi dari spektrum yang terbentuk. Resolusi energi sangat dipengaruhi oleh beberapa parameter dalam pengaturan (*set-up*) modul-modul perangkat spektrometer sehingga dalam perjalanan pengoperasian spektrometer dan apabila terdapat gangguan pada modul penguat pulsa sehingga harus dilakukan penggantian, maka tidak serta merta modul tersebut di atur pada skala *set-up* yang sama. Salah satu pengaturan (*set-up*) pada modul penguat pulsa adalah pengaturan *shaping time*. Penguat pulsa pada perangkat spektrometer gamma mempunyai fungsi untuk memperbesar amplitudo tegangan keluaran dari detektor radiasi gamma dengan melakukan pengaturan *coarse gain* dan *fine gain* dan berfungsi untuk membentuk atau mengolah pulsa menjadi spektrum energi berbentuk semi *gaussian* dengan melakukan pengaturan *shaping time* dan *pole-zero*

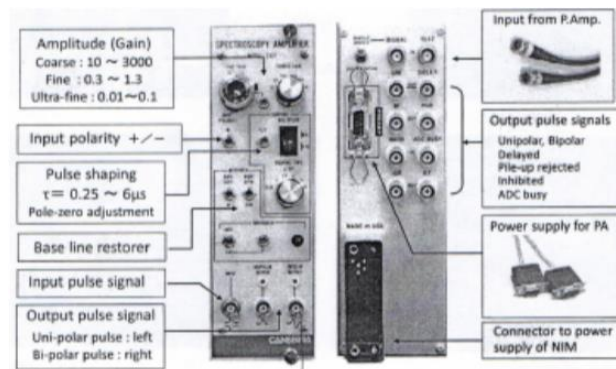
concelation agar penguat pulsa dapat bekerja secara optimum. Pengaturan *shaping time* yang cepat atau lambat berpengaruh terhadap lebar dan sempitnya spektrum yang dihasilkan oleh penguat pulsa yang akan berdampak pada tinggi pulsa sehingga menjadi bertambah atau berkurang yang akhirnya akan berpengaruh pada resolusi energi.

Pengujian terhadap tiga buah penguat pulsa buatan *Tennelec* dilakukan untuk mengetahui kondisi *set-up* dari penguat pulsa yang menghasilkan resolusi energi yang paling baik, walaupun dengan jenis dan tipe yang sama yaitu *TC 244*. Pengujian penguat pulsa difokuskan pada perubahan *shaping time* sedangkan fasilitas yang lain di *set-up* pada kondisi yang sama dengan asumsi fasilitas yang lain berfungsi normal. Uji banding dilakukan dengan cara melakukan pengukuran sumber standar *Co-60* pada energi 1332 keV dengan memvariasi *shaping time* dan mengamati resolusi energi pada spektrum yang terbentuk, sedangkan penguatan pada *coarse gain* dan *fine gain* diatur sehingga keluaran penguat pulsa menghasilkan amplitudo maksimum sebesar 10 Volt.

TEORI

Modul Penguat Pulsa ^[1]

Pulsa keluaran dari detektor radiasi (biasanya detektor *HP-Ge*) pada perangkat spektrometer gamma berupa pulsa ekor yaitu bentuk pulsa dengan waktu bangkit (*rise time*) dengan cepat dan waktu jatuh (*fall time*) dengan lambat. Pulsa tersebut diteruskan sebagai masukan pada modul penguat pulsa. Oleh penguat pulsa, pulsa dibentuk atau diolah oleh rangkaian elektronik sehingga bentuk pulsa mempunyai waktu bangkit menjadi lebih lambat dan waktu jatuh menjadi lebih cepat agar berbentuk *Gaussian*. Pada penguat pulsa, pulsa juga dipertinggi atau dikuatkan sampai mencapai amplitudo yang dapat diolah oleh penganalisis saluran ganda atau yang disebut dengan *Multi Channel Analyzer (MCA)*. Penguat pulsa pada perangkat spektrometer gamma harus bersifat linier sehingga masukkan dan keluaran nilainya sesuai. *Set-up* penguatan dan pembentukan pulsa yang tersedia pada modul penguat pulsa dengan bagian utama terdiri dari tombol skala *coarse gain*, tombol skala *fine gain*, tombol skala *shaping time* dan fasilitas *pole zero concelation*. Gambaran modul penguat pulsa ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tombol-tombol dan fasilitas panel penguat pulsa

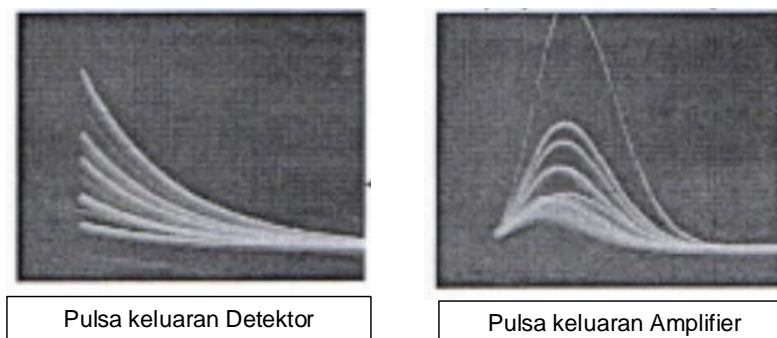
Tombol Skala Coarse Gain dan Fine Gain

Tombol skala *coarse gain* dan *fine gain* berfungsi untuk memperbesar atau mempertinggi amplitudo pulsa dari keluaran detektor yang biasanya masih dalam orde mili Volt sehingga menjadi orde Volt. Pengaturan perubahan penguatan yang besar diatur oleh tombol skala *coarse gain* (sering disebut dengan penguatan kasar) dan pengaturan perubahan penguatan yang kecil diatur oleh tombol *fine gain* (sering disebut dengan penguatan halus). Pada modul penguat pulsa *Tennelec type TC 244* penguatan pada tombol skala *coarse gain* mempunyai penguatan dengan jangkauan skala mulai 5 (lima) kali sampai dengan 2K (dua ribu) kali, sedangkan penguatan pada tombol skala *fine gain* mempunyai penguatan dengan jangkauan mulai dari 0,5 (setengah) kali sampai dengan 1,5 (satu setengah) kali. Penguatan pada penguat pulsa ini juga berfungsi untuk menentukan (melakukan *set-up*) jangkauan *Analog to Digital Converter (ADC)* pada perangkat *MCA* (sering disebut dengan *ADC-MCA*). Jangkauan *ADC* adalah jumlah memori yang akan digunakan untuk mengkonversi pulsa *analog*.

Tombol Shaping Time

Tombol skala *shaping time* berfungsi untuk mengatur pembentukan pulsa. Pulsa keluaran dari sebuah detektor berbentuk pulsa ekor, yaitu pulsa

yang mempunyai waktu bangkit (*rise time*) dengan cepat, tetapi mempunyai waktu jatuh (*fine gain*) dengan lambat. Apabila detektor mendeteksi radiasi yang mempunyai aktivitas tinggi, maka pulsa yang terdeteksi berikutnya akan berada diatas pulsa yang terdeteksi sebelumnya (tumpang tindih) sehingga mengakibatkan perubahan tinggi pulsa, dan hal tersebut harus diatasi. Pada penguat pulsa, pulsa tersebut diatasi dengan diolah pada rangkaian elektronik yang biasa disebut dengan rangkaian *pendefrensial* dan rangkaian *pengintegral* sehingga pulsa berbentuk gaussian yang dapat diproses oleh *MCA*. Bentuk pulsa keluaran penguat pulsa sangat ditentukan oleh pengaturan (*set-up*) dalam pembentukan pulsa sehingga menghasilkan pulsa yang optimum yaitu pulsa yang mempunyai bentuk Gaussian dengan nilai gauss ratio tidak melebihi 2 dan amplitudo tidak melebihi 10 Volt agar agar sinkron dengan kemampuan peralatan elektronik berikutnya yaitu *MCA* [2]. Kinerja yang optimum dari pengaturan penguat pulsa ditunjukkan oleh parameter resolusi energi. Untuk mendapatkan kinerja yang optimum pada penguat pulsa dilengkapi dengan fasilitas tombol *shaping time* yang berfungsi untuk mengatur pembentukan pulsa yaitu memperlambat waktu bangkit dan mempercepat waktu turun sehingga diperoleh bentuk pulsa yang optimum dan menghasilkan resolusi energi yang paling baik biasanya antara 1,8 keV – 2,2 keV [1].

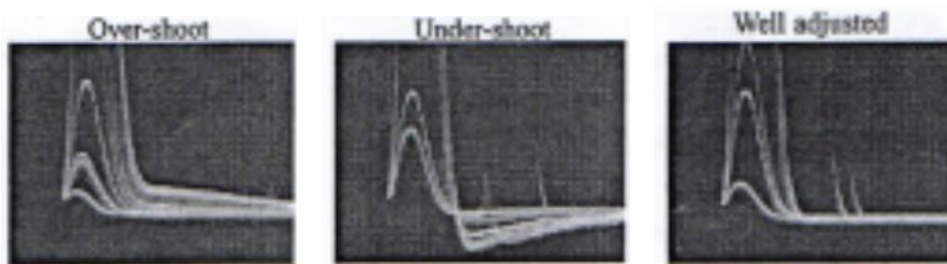


Gambar 2. Bentuk pulsa output Detektor dan output Amplifier

Fasilitas Pole Zero Concelation

Fasilitas *pole zero concelation* berfungsi untuk menyempurnakan pulsa keluaran penguat pulsa apabila dalam proses pembentukan pulsa terjadi *overshoot* atau *undershoot*. Pulsa keluaran dari penguat pulsa dapat mengalami *overshoot* atau *undershoot* sebagai akibat dari proses pembentukan pulsa dari rangkaian *pendefrensial* dan *pengintegral*. Pulsa yang mengalami *overshoot* atau *undershoot* dapat menurunkan daya pisah dari sistem

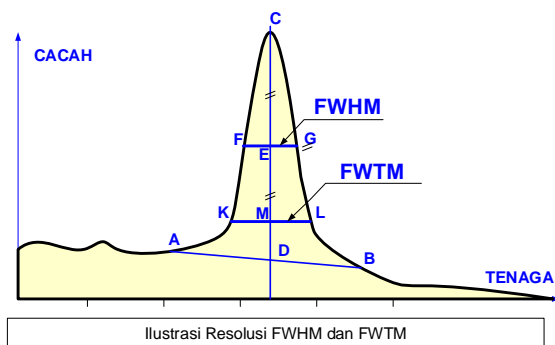
spektrometer. Fasilitas *pole zero cocelation* ini berupa sekrup kecil yang berada pada lubang kecil, yang pengaturannya menggunakan obeng kecil dengan cara diputar sehingga pulsa keluaran penguat pulsa tidak terjadi *overshoot* atau *undershoot*. Pengaturan *pole zero concelation* perlu dilakukan untuk menaikkan daya pisah dengan cara mengamati pulsa keluaran dari penguat pulsa menggunakan *oscilloscope*.



Gambar 3. Efek *overshoot*, *undershot* dan *adjustment Pole Zero Concelation*

Resolusi Energi

Resolusi adalah kemampuan sistem spektrometer untuk membedakan dua puncak energi yang berdekatan. Parameter resolusi ini ditunjukkan oleh *FWHM* (*Full Width at Half Maximum*) atau lebar puncak energi pada setengah tinggi maksimum dari spektrum yang terbentuk. Sedangkan parameter bentuk Gaussian ditunjukkan oleh perbandingan *FWTM* dan *FWHM*. Ilustrasi *FWHM* dab *FWTM* ditunjukkan pada Gambar 4 .



Gambar 4. Ilustrasi penentuan *FWHM*

Apabila sebuah spektrum puncak dari energi gamma ditarik garis vertikal pada ujung puncak (C) memotong garis yang menghubungkan kedua kaki dari spektrum (AB), di titik D, maka tinggi garis CD adalah tinggi maksimum dari spektrum. Jika titik E merupakan pertengahan (separo) dari tinggi CD dan garis FG adalah garis horizontal yang melalui titik E, maka panjang garis FG dinamakan *FWHM* (*Full Width at Half Maximum*). Dan jika titik M merupakan sepersepuluh dari tinggi CD dan

garis KL adalah garis horizontal yang melalui titik M, maka panjang garis KL dinamakan *FWTM* (*Full Width at Tenth Maximum*). Biasanya *FWHM* dinyatakan dalam satuan keV. Ukuran *FWHM* secara konvensi internasioanal ditentukan pada energi 1332,5 keV dari sumber Co-60 [2]. Sebagian besar perangkat lunak (program) pengolah data pada sistem spektrometer telah dapat menampilkan nilai *FWHM* secara otomatis dan ditampilkan di layar monitor sehingga dalam melakukan *set-up* pada seperangkat spektrometer juga dilakukan pengamatan nilai *FWHM* pada spektrum yang dihasilkan.

Gauss Ratio

Untuk melihat apakah bentuk spektrum berbentuk *Gaussian* harus dinilai dengan *Gauss Ratio*. Bentuk *Gaussian* adalah bentuk spektrum puncak energi sebagai akibat proses random radiasi yang tunduk pada kaidah statistik dengan fungsi agihan normal yang dikenal banyak orang dengan istilah bentuk *Gaussian*. Sedangkan *Gauss Ratio* adalah suatu nilai yang menunjukkan bentuk puncak energi spektrum telah mengikuti bentuk *Gaussian*. Parameter ini ditentukan dengan membandingkan lebar puncak pada sepersepuluh tinggi puncaknya yang dikenal istilah *FWTM* (*Full Width Tenth Maximum*) terhadap nilai *FWHM*.

$$\text{Gauss Ratio} = \frac{\text{FWTM}}{\text{FWHM}}$$

Ilustrasi nilai *FWTM* seperti pada ilustrasi nilai *FWHM*, yaitu apabila pada *FWHM* merupakan nilai lebar pada setengah puncak kalau *FWTM* merupakan nilai lebar pada sepersepuluh puncak. Nilai *Gauss*

Ratio ideal bernilai 1,823 sedangkan untuk spektrum dari sistem spektrometer gamma yang masih dapat diterima adalah 2^[2]. Apabila nilai *Gauss Ratio* lebih besar dari pada 2 maka sistem spektrometer gamma secara *hardware* perlu diperiksa lebih teliti mulai dari *HVPS*, *Amplifier* dan *ADC-MCA*. Nilai *FWHM* dan *FWTM* ditentukan pada energi 1332,5 keV dari sumber Co-60. Sebagian besar program pengolahan data dari sistem spektrometer telah dapat menampilkan nilai *FWHM* dan *FWTM* ini secara otomatis di dalam layar monitor.

METODOLOGI

Secara keseluruhan pengujian tiga buah penguat pulsa jenis *TC 244* buatan *Tennelec* dilakukan dalam beberapa tahapan sebagai berikut:

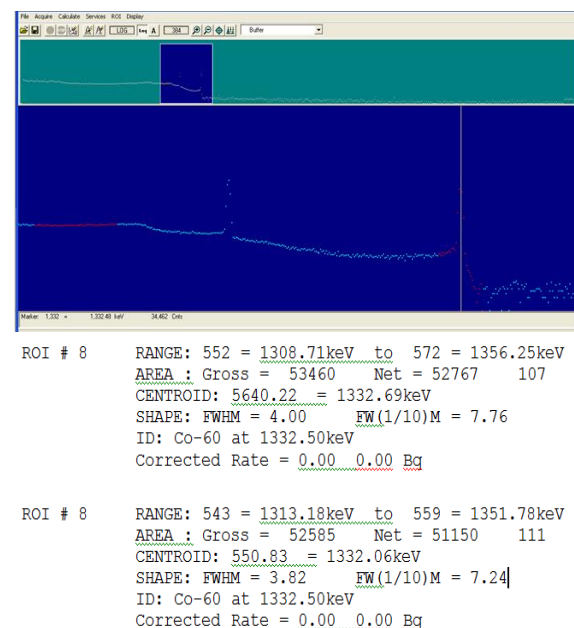
1. Sebelum penguat pulsa dipergunakan untuk mengukur menggunakan sumber Co-60, penguat pulsa diberikan input secara simulasi menggunakan *pulser* buatan *Berkeley Nucleonics Corporation*, *BNC type PB-5*. Sumber pulsa dari pulser mempunyai *output* identik dengan *output* pulsa dari detektor. Pulser berfungsi untuk menggantikan pulsa yang berasal dari detektor. Simulasi ini dilakukan untuk menguji perangkat spektrometer dengan memberikan *input* sebesar 20 milliVolt dan melakukan pengaturan pada *coarse gain* dan *fine gain* sehingga pulsa keluaran mempunyai amplitudo sebesar 5 Volt. Pengamatan pulsa masukan dan pulsa keluaran dari *penguat pulsa* menggunakan *oscilloscope* *Tektronik type 2445* dan pengamatan spektrum menggunakan *ADC-MCA* model *TRUMP PCI 16K* yang telah terpasang pada slot komputer dan menggunakan *soft ware* *Maestro-32*.
2. Setelah penguat pulsa dilakukan *set-up* pada *coarse gain* dan *fine gain*, kemudian sistem spektrometer dirangkai menggunakan detektor *Hp Ge type coaxial model GC 0910* dengan spesifikasi efisiensi 10 % dan resolusi 1,8 keV dan diberikan tegangan tinggi detektor sebesar 2700 Vdc.
3. Sistem spektrometer kemudian dipergunakan untuk melakukan pengukuran sumber Co-60 dengan aktivitas 1 μ Ci pada tanggal 1 Mei 2006 dengan jarak 25 Cm dengan waktu pengukuran selama 1800 detik dan pengamatan difokuskan

pada spektrum energi 1332,5 keV. Penyetelan waktu pengukuran menggunakan *live time* sehingga waktu mati detektor dapat terkoreksi secara otomatis.

4. Dilakukan pengukuran sumber Co-60 dengan variasi *shaping time* mulai dari skala 0,25 μ s, 0,375 μ s, 1 μ s, 1,5 μ s, 4 μ s dan 6 μ s sehingga diperoleh data spektrum energi dari Co-60.
5. Pada data spektrum kemudian dilakukan pengamatan nilai hasil pencacahan, nilai *FWHM* dan nilai *FWTM*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk melakukan pengamatan data, spektrum hasil pencacahan harus diolah ke dalam angka yang dapat menginformasikan jumlah cacahan, nilai *FWHM* dan energi. Pengolahan spektrum ini dilakukan karena pada program *Mestro-32* belum dapat menampilkan informasi tersebut secara otomatis. Contoh pengolahan data spektrum dikonversi ke dalam angka ditunjukkan pada Gambar 5.

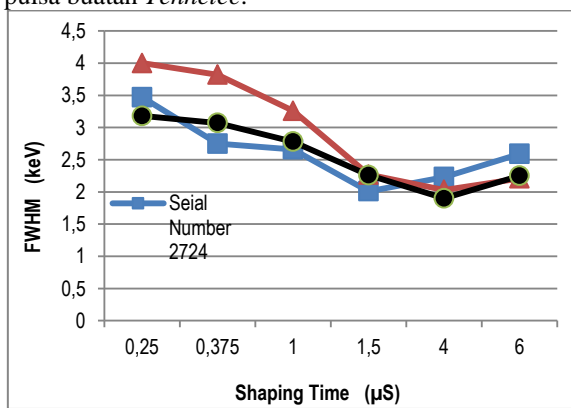


Gambar 5. Contoh Spektrum hasil pengukuran dan data hasil pengolahan

Tabel 1. Data Pengujian *Shaping Time Tc-244*

Shaping Time (μS)	TC-244 S/N 2724			TC-244 S/N 2403			TC-244 S/N 3303		
	FWHM (keV)	FWTM (keV)	Gauss Ratio	FWHM (keV)	FWTM (keV)	Gauss Ratio	FWHM (keV)	FWTM (keV)	Gauss Ratio
0,25	3.47	6.73	1.94	4.00	7.92	1.98	3.18	6.36	2.00
0,375	2.75	5.28	1.92	3.82	7.64	2.00	3.07	6.11	1.99
1	2.66	5.32	2.00	3.26	6.32	1.94	2.78	5.53	1.99
1,5	2.01	3.76	1.87	2.27	4.36	1.92	2.26	4.29	1.90
4	2.23	4.68	2.10	2.03	3.76	1.85	1.90	3.52	1.85
6	3.59	6.86	1.91	2.21	4.40	1.99	2.25	4.28	1.90

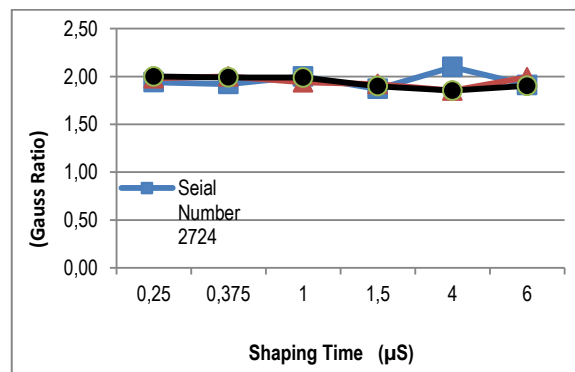
Jenis penguat pulsa *TC-244* mempunyai enam step skala pengaturan *shaping time* mulai dari 0,25 μs sampai dengan 6 μs sehingga setiap pengujian satu buah modul penguat pulsa diperoleh 6 buah spektrum pengukuran sumber Co-60 dan diperoleh 6 buah nilai *FWHM* dan 6 buah nilai *FWTM*. Dari hasil pengujian diperoleh nilai *FWHM* terkecil 2,0 keV pada skala *shaping time* 1,5 μs untuk *TC-244* dengan *serial number* 2724, nilai *FWHM* terkecil 2,0 keV pada skala *shaping time* 4 μs untuk *TC-244* dengan *serial number* 2403 dan nilai *FWHM* terkecil 1,9 keV pada skala *shaping time* 4 μs untuk *TC-244* dengan *serial number* 3303. Perbandingan dari tiga buah penguat pulsa *TC-244* tersebut ditunjukkan pada Gambar 6. Dari hasil tersebut dapat ditentukan *set-up shaping time* untuk masing-masing penguat pulsa buatan *Tennelec*.



Gambar 6. Grafik perubahan *Shaping Time* terhadap nilai *FWHM*

Meskipun skala *shaping time* dari penguat pulsa sudah dapat ditentukan, namun untuk melihat apakah kondisi *set-up* ini sudah merupakan unjuk kerja yang optimum dari penguat pulsa, maka spektrum hasil pengukuran harus dinilai menggunakan *Gauss Ratio* yaitu perbandingan antara nilai *FWTM* terhadap nilai *FWHM*. Hasil perhitungan nilai *Gauss Ratio* dari tiga buah modul *amplifier TC-244* disajikan pada Gambar 7. Dari data nilai *Gauss Ratio* diperoleh nilai terkecil 1,85

dan nilai tertinggi 2,1. Hasil ini masih lebih tinggi dari nilai ideal tetapi mendekati nilai yang direkomendasikan dari *EG & G ORTEC* yaitu berkisar antara 1,823 sampai 2^[2]. Dari nilai tersebut secara keseluruhan bahwa fungsi dari penguat pulsa masih berfungsi dengan baik karena pulsa *output* masih memenuhi nilai *Gauss Ratio* yang menunjukkan bentuk spektrum telah berbentuk *Gaussian*.



Gambar 7. Grafik perubahan *Shaping Time* terhadap nilai *Gauss Ratio*

Nilai *FWHM* dan nilai *Gauss Ratio* selain dipengaruhi oleh *set-up shaping time* juga dipengaruhi oleh hal-hal yang lain yang harus dipertimbangkan dalam melakukan pengujian perangkat spektrometer. Karena nilai *FWHM* juga dapat dipengaruhi oleh besar *ADC-MCA* yang dipergunakan dengan memperhitungkan jangkauan energi dari sumber yang akan dilakukan pengukuran. Selain hal tersebut nilai *FWHM* juga dapat dipengaruhi oleh arus bocor, atau kinerja detektor yang telah mengalami penurunan unjuk kerja. Dari tiga buah penguat pulsa yang diuji didapatkan posisi skala *set-up shaping time* yang berbeda untuk memperoleh *FWHM* yang paling kecil. Perbedaan ini dipengaruhi oleh faktor usia komponen elektronik, karena penguat pulsa telah dipergunakan sejak tahun 1990 an dan juga dua diantara tiga buah penguat pulsa tersebut telah mengalami perbaikan

dan penggantian beberapa komponen elektronik sehingga ikut menyumbangkan pengaruh perbedaan tersebut. Walaupun demikian untuk *set-up shaping time* pada nilai *FWHM* terkecil dari masing-masing penguat pulsa *TC-244* telah berada pada nilai *Gauss Ratio* yang direkomendasikan oleh *EG & G ORTEC* sehingga *set-up shaping time* pada penguat pulsa tersebut merupakan *set-up shaping time* yang optimum dan untuk menentukan kinerja perangkat spektrometer yang paling optimum lebih lanjut harus dilakukan *set-up* pada modul-modul yang lain secara menyeluruh.

KESIMPULAN

Diperoleh skala *set-up shaping time* untuk tiga buah penguat pulsa *Tennelec TC-244* sebagai berikut:

Serial Number	Shaping Time (μ S)	FWHM (keV)	Gauss Ratio
2724	1,5	2,0	1,87
2403	4	2,0	1,85
3302	4	1,9	1,85

Dari tiga buah modul penguat pulsa buatan *TENNELEC type TC 244* diperoleh *setting (set-up) shaping time* yang berbeda untuk menghasilkan kinerja dan resolusi yang optimum. Dengan demikian maka penggantian modul penguat pulsa pada perangkat spektrometer gamma, tidak serta merta modul tersebut diatur pada skala *set-up* yang sama walaupun dari produk dan jenis *amplifier spectrometer* yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

- [1.] **TENNELEC**, "Operator's Manual Penguat pulsa", USA.
- [2.] **EG & G ORTEC**, "Operator's Manual Spectrometer Gamma EG & G ORTEC ", USA.
- [3.] **SUSETYO, W.**, Spektrometri Gamma dan Penerapannya Dalam Analisis Pengaktifan Neutron, Yogyakarta, Universitas Gajah Mada Press, 1988.