

Journal of Comprehensive Science  
p-ISSN: 2962-4738 e-ISSN: 2962-4584  
Vol. 3 No. 2 Februari 2024

---

**ANALISIS PEMBENTUKAN PULSA SISTEM AMPLIFIER SPEKTROSKOPI  
NUKLIR ANALYSIS OF PULSE FORMATION IN NUCLEAR  
SPECTROSCOPY AMPLIFIER SYSTEM**

Angelina Diva Adella Putri  
Politeknik Teknologi Nuklir Indonesia  
Email: angdivaadella@gmail.com

---

**Abstrak**

**ANALISIS PEMBENTUKAN PULSA SISTEM AMPLIFIER SPEKTROSKOPI NUKLIR.** Penelitian ini mengeksplorasi proses pembentukan pulsa dalam sistem penguat spektroskopi nuklir, dengan fokus pada analisis linieritas penguat dan pengukuran bandwidth. Spektroskopi nuklir adalah teknik penting dalam studi fisika nuklir, dan detektor radiasi nuklir yang digunakan harus memenuhi persyaratan tertentu termasuk kemampuan untuk membedakan besar tenaga radiasi yang dideteksi. Pembentukan pulsa menjadi tahap kritis dalam sistem ini, karena pulsa-pulsa ini membawa informasi penting tentang interaksi antara radiasi dengan lingkungannya. Pengujian linieritas penguat dan pengukuran bandwidth dilakukan secara eksperimen dengan melakukan pengaturan amplitudo dan frekuensi masukan, serta pengamatan terhadap respons penguat terhadap variasi sinyal masukan. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa tinggi pulsa yang dapat diatur dan sistem penguat dapat menghasilkan pulsa keluaran berbentuk gaussian dengan waktu bangkit yang sesuai. Namun, permasalahan potensial muncul karena lebar dan tinggi pulsa yang terbatas sehingga dapat menyebabkan distorsi dan over load, yang dapat mengganggu analisis pulsa yang dihasilkan.

---

**Kata Kunci:** Spektroskopi Nuklir, Amplifier, Pembentukan Pulsa, Linieritas, Bandwidth.

---

**Abstract**

**ANALYSIS OF PULSE FORMATION IN NUCLEAR SPECTROSCOPY AMPLIFIER SYSTEM.** This study explores the pulse formation process in nuclear spectroscopy amplifier systems, with a focus on amplifier linearity analysis and bandwidth measurement. Nuclear spectroscopy is a crucial technique in nuclear physics studies, and the nuclear radiation detectors used must meet specific requirements, including the ability to differentiate the detected radiation energy levels. Pulse formation is a critical stage in this system, as these pulses carry important information about the interaction between radiation and its environment. Linearity testing of the amplifier and bandwidth measurement were conducted experimentally by adjusting input amplitude and frequency settings, as well as observing the amplifier's response to input signal variations. Measurement results indicate that adjustable pulse height and the amplifier system can produce Gaussian-shaped output pulses with appropriate rise times.

*However, potential issues arise due to limited pulse width and height, which can cause distortion and overload, thus disrupting the analysis of the generated pulses.*

**Keywords:** Nuclear Spectroscopy, Amplifier, Pulse Formation, Linearity, Bandwidth.

## PENDAHULUAN

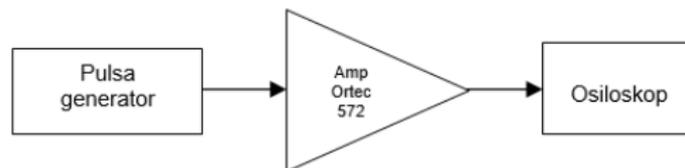
Spektroskopi nuklir adalah salah satu teknik penting yang digunakan untuk mempelajari sifat fisika dari inti atom, termasuk pembentukan pulsa, untuk mengidentifikasi dan menganalisis sifat-sifat nuklir. Dalam spektroskopi nuklir detektor radiasi nuklir yang dipakai haruslah memenuhi persyaratan tertentu, antara lain detektor harus dapat membedakan besar tenaga radiasi yang di deteksi. Selain itu karena sifat detektor pada umumnya mempunyai bentuk tegangan keluaran yang disebut pulsa ekor, yaitu bentuk dengan bangkit (*rise time*,  $\tau_r$ ) beberapa puluh nano-detik dan waktu meluruh (*decay time*,  $\tau_d$ ) beberapa puluh mikro detik sampai beberapa mili detik. Tinggi pulsa keluaran detektor selanjutnya diproses untuk mendapatkan informasi yang lengkap mengenai zarah radiasi yang dideteksi, yaitu cacah dan besarnya tenaganya. Bagian terakhir rangkaian pembentukan pulsa biasanya berupa MCA atau SCA dan counter yang membutuhkan masukan dengan bentuk beberapa persyaratan, yaitu idealnya berbentuk gaussian dengan waktu bangkit sekitar beberapa mikro-detik dengan tinggi pulsa antara 0 sampai 10 volt (Tsoulfanidis & Landsberger, 2021). Untuk spektroskopi nuklir maka diperlukan suatu penguat yang memperbesar tinggi pulsa keluaran detektor menjadi pulsa gaussian seperti yang dipersyaratkan rangkaian akhir pemroses di bagian akhir (Bergaoui et al., 2014). Antara detektor dan penguat perlu dipasang penguat awal yang jenisnya tergantung dari detektor yang digunakan apakah itu peka tegangan atau muatan dan sebagainya. Oleh karena itu, pembentukan pulsa merupakan tahap kritis dalam sistem penguat spektroskopi nuklir (Tsoulfanidis & Landsberger, 2021). Pulsa-pulsa ini membawa informasi tentang interaksi antara radiasi dengan lingkungannya dan sering kali mengandung informasi yang dapat diinterpretasikan untuk mengungkap sifat-sifat radiasi. Dalam makalah ini, penulis ingin melakukan analisis mendalam tentang proses pembentukan pulsa dalam sistem penguat spektroskopi nuklir serta mengeksplorasi prinsip-prinsip dasar yang terlibat dalam pembentukan pulsa, faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas dan karakteristik pulsa, untuk meningkatkan pemahaman tentang studi fisika nuklir.

## METODE PENELITIAN

Politeknik Teknologi Nuklir memiliki fasilitas detektor radiasi nuklir yang dilengkapi dengan penyedia tegangan tinggi (HV), *pulser*, spektroskopi *amplifier* ORTEC, *multichannel analyzer* (MCA), serta osiloskop. Karakteristik pulsa seperti *rise time*, *fall time*, dan amplitudo merupakan faktor-faktor yang memengaruhi kualitas pulsa yang dihasilkan oleh sistem penguat sehingga perlu dilakukan pengujian linieritas penguat dimulai dengan menyiapkan *set up* sesuai dengan skema yang diberikan dalam Gambar 4. Setelah itu, amplitudo masukan dari pulse generator diatur sebesar 20 mV. Pengamatan terhadap amplitudo output dari linier amplifier Ortec 572 harus dipastikan tidak melebihi 10 volt, sesuai dengan *standard* NIM yang ditetapkan (International Atomic Energy Agency, 1986). Selanjutnya, amplitudo *output* diturunkan secara bertahap dan diamati menggunakan osiloskop untuk mendapatkan data tentang respons penguat terhadap berbagai tingkat amplitudo masukan. Hal ini bertujuan untuk mengevaluasi seberapa baik penguat mampu menghasilkan respons *output* yang linier terhadap variasi

amplitudo *input*, yang merupakan parameter kritis dalam aplikasi pengukuran dan pemrosesan sinyal.

Skema rangkaian pada Gambar 4 tetap diperlukan untuk melakukan pengukuran *bandwidth*. Perbedaannya adalah amplitudo pulsa *output* dari generator pulsa diatur sedemikian rupa sehingga amplitudo *output* dari linier *amplifier* mencapai 10 V saat amplitudo pulsa *input*-nya adalah 5,6 V. Setelah pengaturan ini, frekuensi masukan pada generator pulsa diubah secara bertahap menjadi 1 MHz, 100 kHz, 10 kHz, dan 100 Hz. Pada setiap nilai frekuensi, tegangan *output* dari linier *amplifier* diamati untuk mengetahui responsnya terhadap perubahan frekuensi masukan. Observasi dilakukan untuk menentukan titik di mana tegangan *output* mulai turun. Data tegangan *output* terhadap perubahan frekuensi akan digunakan dalam pembuatan grafik hubungan tegangan *output* dengan frekuensi masukan (kHz), yang memungkinkan identifikasi *bandwidth* sistem untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam merespons sinyal dengan berbagai frekuensi (Knoll, 2010).

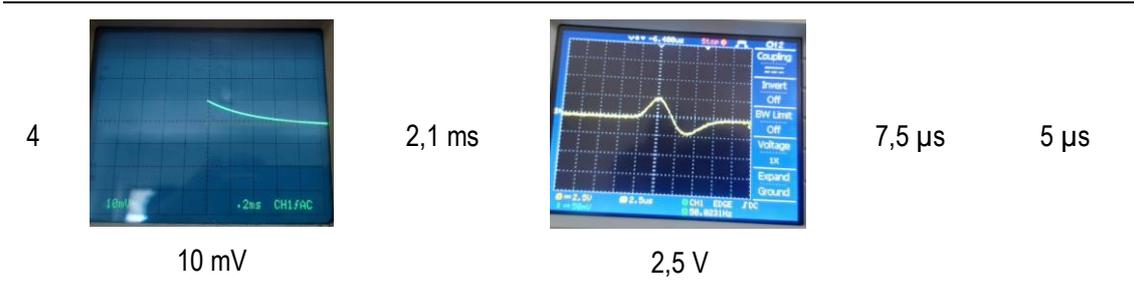


**Gambar 1.** Skema uji linieritas penguat

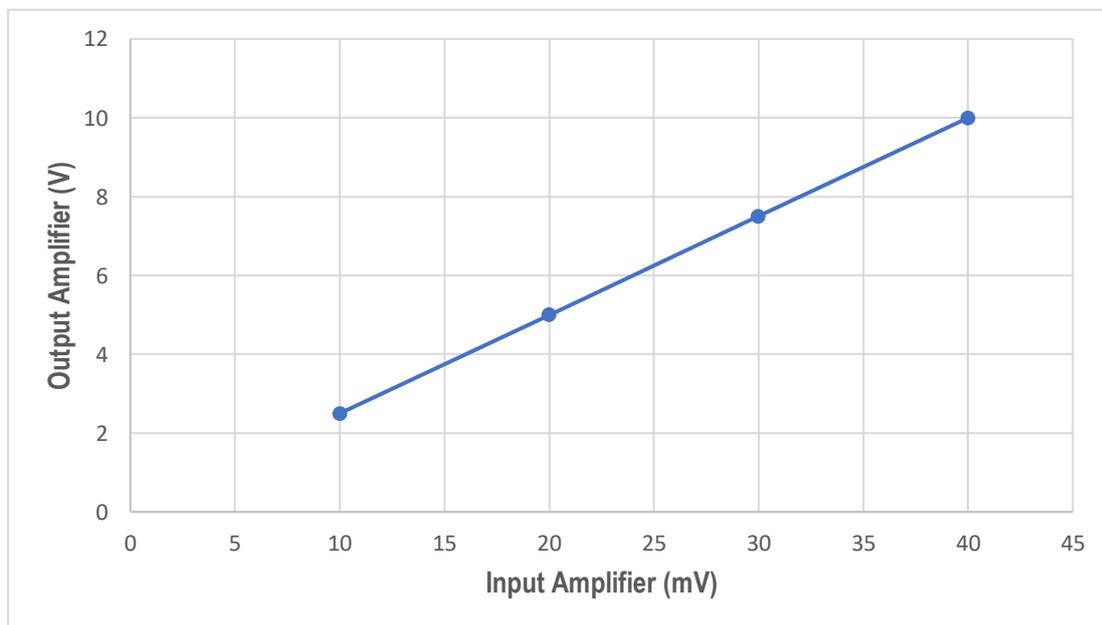
## HASIL DAN PEMBAHASAN

**Tabel 1.** Linearitas *Amplifier*

No	Input Amp	Fall time	Output Amp	Rise time	Fall Time
1	 40 mV	3,8 ms	 10 V	7,5 $\mu$ s	5 $\mu$ s
2	 30 mV	3 ms	 7,5 V	7,5 $\mu$ s	5 $\mu$ s
3	 20 mV	3,3 ms	 5 V	7,5 $\mu$ s	3,75 $\mu$ s

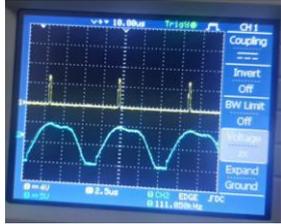
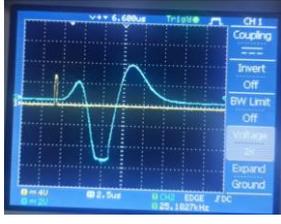
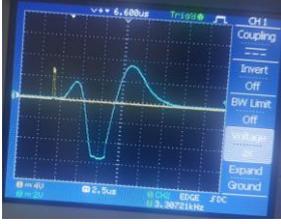
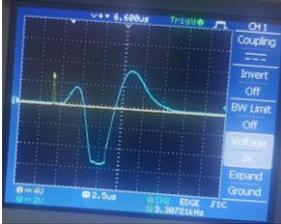


Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian statis linearitas *amplifier* yang dimaksudkan untuk mencari batas-batas kinerja dari alat dengan menggunakan *pulse* generator sebagai pengganti sumber dan detektor. Hasil pengamatan pulsa keluaran *amplifier* berupa pulsa positif *gaussian* dengan keadaan ideal di mana waktu *rise time* seharusnya akan lebih cepat daripada *fall time*. Selain itu, rangkaian *amplifier* dapat dikatakan sebagai penguat dan pembentuk pulsa di mana hal ini terlihat bahwa pada *input* tegangan memiliki pulsa *unipolar* yang nilainya lebih kecil daripada *output* pulsa bipolar. Pulsa *unipolar* memiliki *noise* yang cukup tinggi sehingga pada bentuk pulsa hanya dapat digunakan untuk mengamati *rise time* saja (Hadi, 2016). Sedangkan tinggi pulsa dapat diatur maksimal 8 Volt agar tidak terpotong. Berdasarkan grafik linearitas *amplifier* yang ditunjukkan oleh grafik 1, dapat terlihat bahwa telah terjadi penurunan tegangan *output* secara linier antara tinggi *output* dan tinggi pulsa *input*. Hal tersebut telah sesuai dengan teori yang menyebutkan bahwa fungsi dasar dari penguat pulsa linier adalah menerima pulsa dengan level rendah dari pulsa detektor dan mengubahnya melalui penguatan dan pembentukan pulsa, menjadi suatu pulsa yang lebih sesuai untuk pengukuran dan analisa.



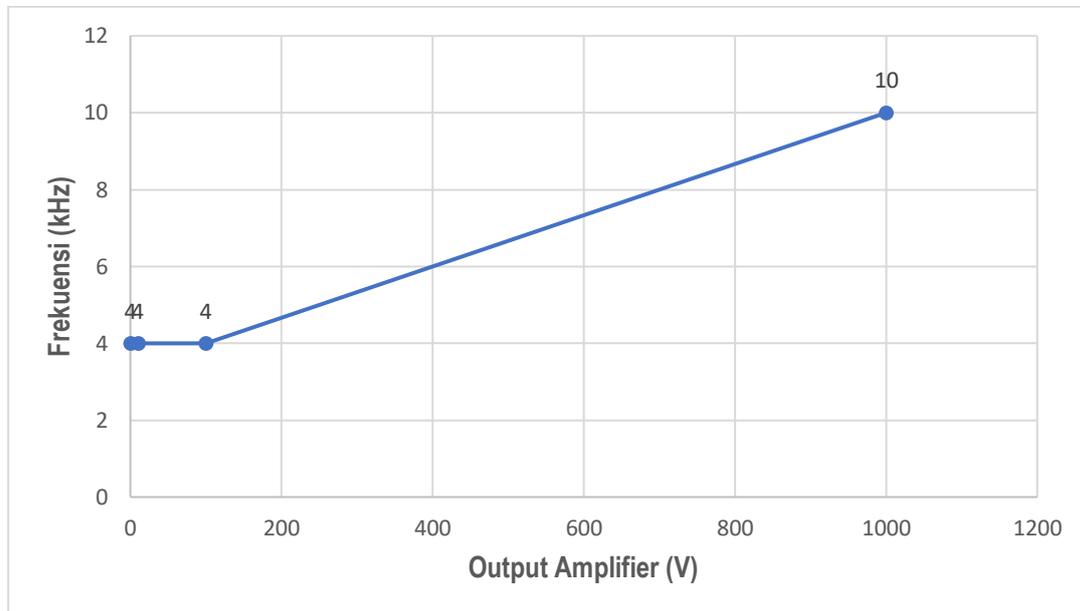
**Gambar 2.** Grafik Linearitas Amplifier

Tabel 2. Pengukuran Bandwidth

No	Input	Frekuensi	Output Amp	Bentuk Pulsa
1	5,6 V	1 Mhz	2 X 5 V = 10 V	
2	5,6 V	100 Khz	2 X 2 V = 4 V	
3	5,6 V	10 Khz	2 X 2 V = 4 V	
4	5,6 V	100 Hz	2 X 2 V = 4 V	

Pengukuran *bandwidth* dapat dilihat pada tabel 2, di mana amplitudo pulsa *output* dari generator pulsa akan digunakan sebagai *input* pada linier *amplifier* yang diatur sebesar 5,6 V sehingga didapatkan *output* linier *amplifier* sebesar 10 V. Pengambilan data dilakukan dengan memvariasikan frekuensi masukan menjadi 1 MHz, 100 kHz, 10 kHz, 100 Hz kemudian perubahan dari bentuk pulsa yang dihasilkan dapat diamati melalui osiloskop. Berdasarkan data pengamatan pada frekuensi 1 MHz diperoleh bentuk pulsa yang hampir sempurna sesuai dengan *standard* NIM *amplifier* sebesar 10 V. Kemudian pada saat frekuensi diturunkan menjadi 100 kHz maka diperoleh *output* sebesar 4 V dengan bentuk pulsa yang berbeda dengan sebelumnya. Apabila frekuensi diubah menjadi 10 kHz maupun 100Hz, maka tidak terjadi perubahan *output* yang signifikan dan tetap berada pada nilai 4 V. Apabila diamati berdasarkan bentuk pulsa pada data pengamatan di atas, maka dapat terlihat bahwa perubahan hanya terjadi sebesar 0,2 V pada bagian lembahnya saja. Hal ini telah dijelaskan melalui teori yang mengatakan bahwa jika gain dari penguat diatur untuk sinyal yang kecil, maka penguat itu mengalami *overload* dengan pulsa-pulsa yang besar, dikarenakan terbatasnya daerah linier dari

penguatan tersebut. Berdasarkan bentuk pulsa tersebut dapat diketahui bahwa *undershoot* yang kecil, yang terdapat pada pulsa akan ikut diperkuat sehingga waktu yang diperlukan untuk mencapai sumbu dasarnya menjadi lebih lama. Hal ini dapat mengganggu sistem penguat dan dapat menyebabkan kesalahan analisa dari dua pulsa yang berdekatan.



**Gambar 3.** Grafik Hubungan *Output Amplifier* Terhadap Frekuensi

### KESIMPULAN

Dari eksperimen ini, diketahui bahwa sistem penguat spektroskopi nuklir dimaksudkan untuk menerima pulsa dengan level rendah dari pulsa detektor dan mengubahnya melalui penguatan dan pembentukan pulsa, menjadi suatu pulsa yang lebih sesuai untuk pengukuran dan analisa. Hasil pengukuran menunjukkan pulsa keluaran dari amplifier berupa pulsa analog berbentuk gaussian dengan waktu bangkit sekitar beberapa mikro-detik dengan tinggi pulsa antara 0 sampai 10 volt. Permasalahan pada pembentukan pulsa sistem penguat yang diakibatkan oleh lebar dan tinggi pulsa yang terbatas, sehingga dapat menyebabkan kemungkinan terjadinya distorsi dari tinggi pulsa tersebut karena adanya overlap dan pembatasan pada linieritas dari penguat. Selain itu, terjadinya overload akan menyebabkan *undershoot* pada pulsa ikut diperkuat dan sering kali tidak seimbang, sehingga waktu yang diperlukan untuk mencapai sumbu dasarnya menjadi lebih lama.

### BIBLIOGRAFI

- Bergaoui, K., Reguigui, N., Gary, C. K., Brown, C., Cremer, J. T., Vainionpaa, J. H., & Piestrup, M. A. (2014). Development of a new deuterium–deuterium (D–D) neutron generator for prompt gamma-ray neutron activation analysis. *Applied Radiation and Isotopes*, 94, 319–327.
- Hadi, Ir Harsono. (2016). *Rancang Bangun Pengendalian Flow Menggunakan motorized operated valve (MOV) Berbasis PLC pada Process Control Plant*.
- International Atomic Energy Agency. (1986). *Selected Topics in Nuclear Electronics*.
- Knoll, G. F. (2010). *Radiation Detection and Measurement*. John Wiley & Sons.

Tsoufanidis, Nicholas, & Landsberger, Sheldon. (2021). *Measurement and detection of radiation*. CRC press.



**This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.**