

PEMBUATAN *LINEAR AMPLIFIER* MENGGUNAKAN LM318 UNTUK SPEKTROMETRI GAMMA

JUMARI, SRI PRIHARTINTO, MURSITI

Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan-BATAN

Jl. Babarsari Kotak Pos 1008, DIY 55010

Telp. 0274.488435, Faks 487824

Abstrak

PEMBUATAN *LINEAR AMPLIFIER* MENGGUNAKAN LM318 UNTUK SPEKTROMETRI GAMMA.

Telah dilakukan pembuatan Linear Amplifier untuk Spektrometri Gamma. Linear Amplifier dilengkapi dengan pre amplifier voltage sensitive, pole zero cancelation, gauss shaping dan fine gain. Pelaksanaan kegiatan meliputi pembuatan dan pengujian rangkaian. Dari pengujian amplifier diperoleh data : pulsa keluaran berbentuk gaussian dengan amplitudo maksimum 10 V, lebar pulsa 5 μ s, tegangan ripple 15 mV, band width 90 kHz, dan harga Integral Non Linearity 0,3%. Dari data hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa Linear Amplifier yang dibuat telah berfungsi dengan baik dan memenuhi standar yang ditentukan dalam sistem instrumentasi nuklir.

Kata kunci :linear amplifier, Spektrometri gamma

Abstract

CONSTRUCTION OF THE *LINEAR AMPLIFIER* USING LM318 FOR GAMMA SPECTROMETRY.

Construction of the Linear Amplifier for gamma spectrometry has been done. The Linear Amplifier was completed with Voltage Sensitive Pre Amplifier, Pole Zero Cancelation, Gauss Shaping and Fine Gain. The activity covers construction and circuit test. From the test of amplifier has obtained of Gaussian output pulse with amplitude 10 V, pulse width 5 μ s, ripple voltage 15 mV, band width 90 kHz, and Integral Non Linearity 0,3 %. From the data it can be concluded that the Linear Amplifier has good function and ful-fill the recommended standard of nuclear instrumentation system.

Keywords :linear amplifier,gamma spectrometry

PENDAHULUAN

Pada umumnya sistem *spectroscopy* nuklir dibagi menjadi 2 bagian pokok yaitu *energy spectroscopy system* dan *timing spectroscopy system* ^[1]. *Energy spectroscopy system* adalah sistem spektrometri untuk pengukuran tenaga radiasi, sedangkan *timing spectroscopy system* adalah sistem spektrometri untuk mengetahui waktu radiasi ditangkap oleh detektor, biasanya untuk keperluan pengukuran gamma-gamma koinsiden atau anti koinsiden. Sistem spektrometri *energy* yang paling sering digunakan adalah sistem spektrometri gamma, karena radiasi yang paling banyak

dimanfaatkan dalam bidang penelitian, industri, radiografi dan radiologi adalah radiasi sinar gamma ^[2]. Perangkat elektronik untuk pengukur radiasi yang saat ini banyak dipakai adalah buatan "ORTEC" dan "CANBERRA" dimana kedua merk tersebut sudah terbukti berkualitas baik tetapi untuk pengadaan kedua merk perangkat elektronik tersebut memerlukan biaya yang sangat mahal, disamping itu apabila alat tersebut mengalami kerusakan maka untuk pengadaan komponen elektronik yang rusak sangat sulit karena komponennya sangat *specific* dan kebanyakan tidak ada dipasaran lokal. Karena hal tersebut maka telah dilakukan pembuatan sebagian dari Sistem Spektrometri

Gamma, yaitu *Linear Amplifier*. Dalam kegiatan ini meliputi pembuatan dan pengujian alat. Tujuan kegiatan ini adalah untuk melengkapi sebagian alat praktikum elektronika nuklir di STTN-BATAN khususnya *Linear Amplifier* yang berfungsi untuk menguatkan pulsa keluaran detektor NaI(Tl) dan sekaligus sebagai pembentuk pulsa (*pulse shaping*) menjadi pulsa bentuk “*Gaussian*” sehingga siap diteruskan ke *single channel analyzer* untuk keperluan analisa tinggi pulsa pada sistem spektrometri gamma^[3,4]. Setelah melalui pengujian terbukti bahwa *Linear Amplifier* yang dibuat dapat berfungsi secara efektif dan efisien. Efektif karena dapat berdaya guna dan berhasil guna, serta efisien karena dapat memanfaatkan komponen lokal sehingga mudah didapat dan harganya lebih murah.

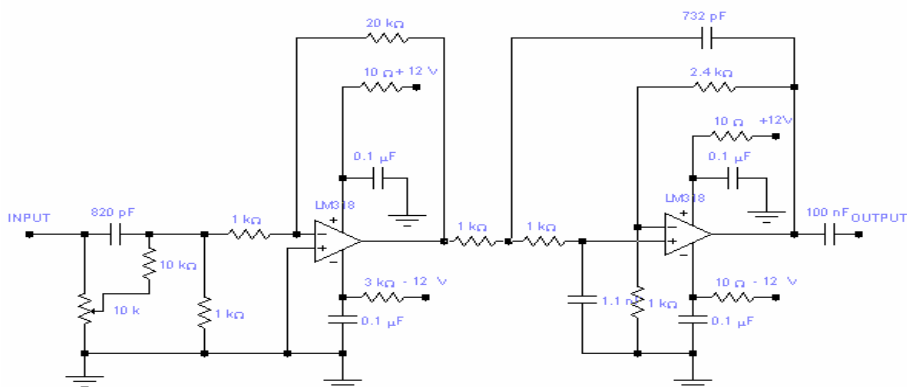
TATA KERJA

Perancangan Sistem

Untuk membentuk pulsa cepat keluaran detektor menjadi pulsa *Gaussian* pada prinsipnya diperoleh dengan melambatkan *rise time* pulsa dengan menggunakan rangkaian *integrator* dan mempercepat *decay time* pulsa dengan menggunakan rangkaian *differentiator* sehingga akan keluar pulsa *gaussian* dengan *rise time* dan *decay time* sama/simetris^[5], disamping bentuk pulsa maka tinggi pulsa juga harus dikuatkan. Untuk keperluan tersebut maka *Linier Amplifier* yang dibuat dilengkapi dengan penguat awal dan penguat linier.

Voltage Sensitive Pre Amplifier (Penguat Awal Peka Tegangan)

Rangkaian *Voltage Sensitive Pre Amplifier* seperti terlihat pada Gambar 1.



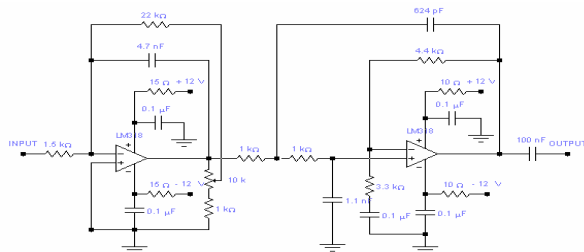
Gambar 1. Rangkaian *Voltage Sensitive Pre Amplifier*

Rangkaian *Voltage Sensitive Pre Amplifier* tersebut diberi masukan berupa pulsa cepat berpolaritas positif, baik pulsa yang berasal dari detektor maupun dari *pulse generator* yang biasanya dalam orde ≤ 20 mV. Pada IC LM 318 yang pertama, pulsa masukan akan dikuatkan tinggi pulsanya menjadi ratusan mV (≤ 500 mV). *Pre Amplifier* tersebut juga dilengkapi dengan rangkaian “*Pole Zero Concelation*” yang digunakan untuk menghilangkan/menekan pulsa “*Under Shoot*” sehingga dapat diset pada kondisi optimum yaitu kondisi dimana pulsa *Under Shoot* tersebut diset sedekat mungkin dengan *ground*. Pada IC yang kedua, pulsa keluaran *pre amp* akan dibentuk menjadi pulsa *Semi Gaussian*

melalui rangkaian *pulse shaping*, disini pembentukan pulsa dititik beratkan pada *rise time*. Harga *time constan* pada *rise time* akan ditentukan oleh nilai *Resistor feedback (Rf)* dan *Condensator feedback (Cf)*.

Linear Amplifier

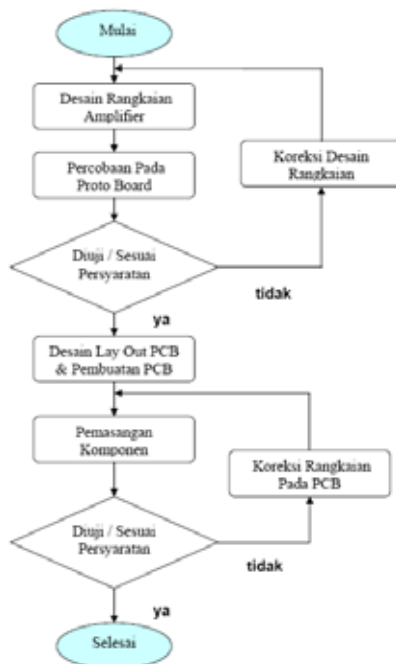
Rangkaian *Linear Amplifier* seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Linear Amplifier

Cara kerja *Linear Amplifier* adalah, IC LM 318 yang pertama merupakan rangkaian penguat yang mana harga penguatannya dapat diatur dengan merubah harga tahanan pada potensiometer 10 kΩ. Adapun besar penguatan merupakan hasil pembagian dari tahanan *feed back* ditambah harga tahanan pada posisi Rp1 dibagi dengan tahanan depan (1,5 kΩ). IC LM 318 yang kedua merupakan rangkaian *pulse shapping* untuk membentuk pulsa menjadi *Gaussian*. Dalam hal ini pembentukan pulsa dititik beratkan pada *decay time* pulsa yang harga *time constan* nya ditentukan oleh nilai *Resistor feedback (Rf)* dan *Condensator feedback (Cf)*. Pada keluaran *linear amplifier* akan keluar pulsa berbentuk *Gaussian* dengan tinggi pulsa maksimum 10 V.

Adapun diagram alir prosedur pembuatan *linear amplifier* seperti disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Prosedur Pembuatan Linear Amplifier

Langkah kerja

1. Menggambar rangkaian dan disain *lay out* PCB.
2. Pembuatan PCB *Pre Amplifier, Amplifier*.
3. Pengujian komponen yang akan dipasang baik pasif maupun aktif.
4. Pemasangan komponen pada PCB *Pre Amplifier, Amplifier*.
5. Pengujian rangkaian *Pre Amplifier* dengan *Pulse Generator*. Pengujian *Amplifier* meliputi linieritas Penguatan, *band width* dan spesifikasi teknis.

Alat

1. *Pulse Generator* Model GL-3.
2. *Frequency Counter* Tectronic.
3. Multimeter Digital Fluke-83
4. *Oscilloscope* Tectronic 40 MHz.
5. *DC Low Voltage Power Supply* ±12V ORTEC.

HASIL

Pengujian Pre Amplifier

Pulsa masukan dari *Pulse Generator* dengan frekuensi 1 kHz.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Pre Amplifier

No.	Bagian Yang Diuji	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Pengukuran
1.	Bentuk pulsa masukan	Pulsa cepat positif	Pulsa cepat positif
2.	Tinggi pulsa masukan	1 – 20 mV	10 mV
3.	Bentuk pulsa keluaran	<i>Semi Gaussian</i>	<i>Semi Gaussian</i>
4.	Tinggi pulsa keluaran	100 – 500 mV	190 mV
5.	Penguatan	Secara teori 20 kali	19 kali
6.	Tegangan <i>ripple</i>	≤ 10 mV	8 mV

Pengujian Amplifier

Pengujian Spesifikasi Teknis *Amplifier*^[6,7].

Pulsa masukan dari *Pulse Generator* dengan frekuensi 1 kHz.

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Spesifikasi Teknis *Amplifier*.

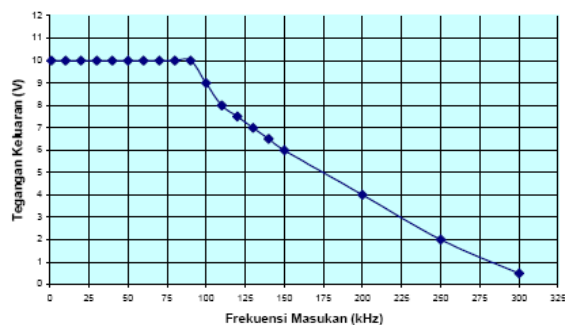
No.	Bagian Yang Diuji	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Pengukuran
1.	Tinggi pulsa masukan	100 – 500 mV	190 mV
2.	Tinggi pulsa keluaran	Maksimum 10 Volt	10 Volt
3.	Penguatan	20 – 100 kali	52,6 kali
4.	Bentuk pulsa keluaran	<i>Gaussian</i>	<i>Gaussian</i>
5.	Lebar pulsa keluaran	3 - 6 μ S	5 μ S
6.	<i>Rise time</i>	0,75 μ S – 2,5 μ S	2 μ S
7.	<i>Decay time</i>	0,75 μ S – 2,5 μ S	2 μ S
8.	Tegangan <i>ripple</i>	\leq 20 mV	15 mV

Pengujian Band Width Amplifier

Tabel 3. Data Hasil Pengujian *Band Width Amplifier*

NO.	Frekuensi Masukan	Tinggi Pulsa Keluaran	NO.	Frekuensi Masukan	Tinggi Pulsa Keluaran
1.	1 kHz	10 V	13.	80 kHz	10 V
2.	5 kHz	10 V	14.	90 kHz	10 V
3.	10 kHz	10 V	15.	100 kHz	9 V
4.	15 kHz	10 V	16.	110 kHz	8 V
5.	20 kHz	10 V	17.	120 kHz	7,5 V
6.	25 kHz	10 V	18.	130 kHz	6 V
7.	30 kHz	10 V	19.	140 kHz	6,5 V
8.	35 kHz	10 V	20.	150 kHz	6 V
9.	40 kHz	10 V	21.	200 kHz	4 V
10.	50 kHz	10 V	22.	250 kHz	2 V
11.	60 kHz	10 V	23.	300 kHz	0,5 V
12.	70 kHz	10 V	24.	350 kHz	0,1 V

Data hasil pengujian langsung disajikan dalam grafik pada Gambar 4.



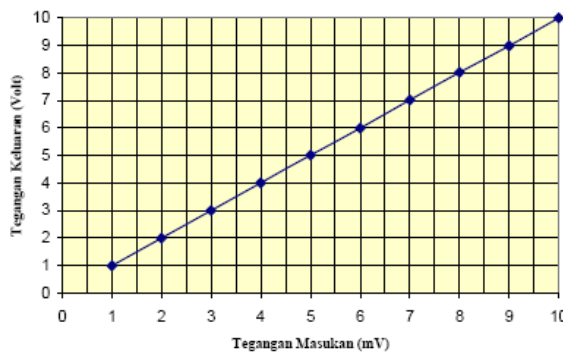
Gambar 4. *Band Width Amplifier*

Pengujian Linieritas Amplifier

Tabel 4. Data Hasil Pengujian Linieritas *Amplifier*

NO.	Vin (mV)	Vout (Volt)	Penguatan
1.	1 mV	1,0V	1000 kali
2.	2 mV	2,0 V	1000 kali
3.	3 mV	3,0 V	1000 kali
4.	4 mV	4,01 V	1002 kali
5.	5 mV	5,01 V	1002 kali
6.	6 mV	5,97 V	995 kali
7.	7 mV	7,01V	1001 kali
8.	8 mV	8,01 V	1001 kali
9.	9 mV	8,99 V	999 kali
10.	10 mV	10,0 V	1000 kali

Dari data hasil pengujian Tabel 4 selanjutnya disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 5.



Gambar 5. Linieritas Amplifier

PEMBAHASAN

1. Pada pengujian *Pre Amplifier* terlihat bahwa dengan tinggi pulsa masukan 10 mV maka tinggi pulsa keluaran *Pre Amp* sebesar 190 mV, berarti besar penguatan 19 kali, sedangkan menurut teori besarnya penguatan harusnya 20 kali, hal ini kemungkinan disebabkan harga toleransi dari tahanan *feedback* (20 k Ω) dan tahanan depan (1 k Ω). Tegangan *noise* terukur 8 mV dan harga ini masih dalam batas yang telah ditentukan.
2. Pada pengujian *Amplifier* dengan tinggi pulsa masukan 190 mV maka tinggi pulsa keluaran *Amplifier* sebesar 10 V, berarti besar penguatan 52,6 kali, sedangkan bentuk pulsa keluaran merupakan pulsa *gaussian* dengan lebar pulsa sebesar 5 μ S, selain itu tegangan *ripple* terukur sebesar 15 mV.
3. Dari grafik *band width Amplifier* terlihat bahwa *band width* pada saat tinggi pulsa keluaran tetap 10 V adalah 90 kHz, hal ini berarti *amplifier* dapat menerima pulsa masukan dengan jangkauan frekuensi maksimum 90 kHz.
4. Pada grafik hasil pengujian linieritas penguatan *amplifier* terlihat bahwa harga penyimpangannya sangat kecil, tapi dengan melihat pada tabel data pengujian linieritas bahwa untuk tinggi pulsa masukan 6 mV maka pada *output amplifier* keluar pulsa setinggi 5,97 V dan seharusnya 6 V ($\Delta V=0,03V$). Jadi harga *Integral Non Linearity (INL)* = $(\Delta V/V_{max}) \times 100\% = (0,03V/10V) \times 100\% = 0,3 \%$. Harga INL tersebut masih di bawah ketentuan yang ditetapkan yaitu $INL \leq 0,5 \%$ [3], berarti

amplifier yang dibuat mempunyai harga INL cukup baik.

KESIMPULAN

Dari data hasil pengujian dalam pembuatan *Linear Amplifier* dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada dasarnya *Linear Amplifier* yang dibuat sudah berfungsi dengan baik yaitu dapat menguatkan pulsa keluaran detektor NaI(Tl) yang mempunyai amplitudo ≤ 20 mV menjadi pulsa keluaran *Amplifier* yang mempunyai amplitudo maksimum 10 V dan mempunyai *Band Width* cukup lebar sebesar 90 kHz serta mempunyai harga *Integral Non Linearity* cukup baik sebesar 0,3%. Selain itu dapat membentuk pulsa cepat keluaran detektor menjadi pulsa *Gaussian* dengan lebar pulsa 5 μ S dan mempunyai harga *rise time* dan *decay time* sama sebesar 2 μ S.
2. Dengan melakukan disain dan pembuatan *Linear Amplifier* ini maka tujuan kegiatan telah tercapai yaitu telah dapat memenuhi kebutuhan sebagian dari sarana penelitian/praktikum elektronika nuklir, khususnya praktikum Sistem Spektrometri Gamma, selain itu telah dapat menghemat biaya yang begitu besar apabila dibandingkan dengan harus membeli peralatan instrumentasi nuklir produk dari luar negeri.

UCAPAN TERIMAKASIH

Diucapkan terimakasih kepada Bp. Juwarno dan Bp. Bambang Sumanto yang telah membantu dalam merencana *lay out* PCB dan dalam pembuatan PCB, serta rekan-rekan BEM yang lain yang telah membantu dalam pelaksanaan kegiatan pembuatan *Linear Amplifier* ini sehingga dapat berjalan dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

1. WISNU SUSETYA, 1988, *Sistem Spektrometri Gamma*, Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.
2. IAEA - TECDOC - 363, 1986, "Selected Topics In Nuclear Electronics", VIENNA-AUSTRIA.
3. ATOMITRON, 1980, "Buku Petunjuk Pemakaian Penguat Linier DIN-480".

4. ORTEC, 1990, "Operating and Service Manual of Spectroscopy Amplifier model 570", USA.
5. TOTO TRI KASJONO Dkk, 2002, "Petunjuk Praktikum Elektronika Nuklir, Bidang Studi Elektronika dan Instrumentasi", STTN – BATAN, Yogyakarta.
6. ATOMITRON, 1980, "Buku Petunjuk Pemakaian Penguat Awal DIN-110", PPBMI – BATAN, Yogyakarta.
7. ORTEC, 1990, "Operating and Service Manual of Pre Amplifier model 142PC", USA.

TANYA JAWAB

Pertanyaan

1. Jelaskan seberapa jauh hasil penelitian anda menunjang kegiatan praktek Industri nuklir di STTN. Bandingkan dengan peralatan sejenis yang telah ada? (Subari-STTN)
2. dikatakan IC LM 318 digunakan sebagai pengganti IC sebelumnya, apakah kelebihan IC LM 318 dibandingkan dengan IC sebelumnya? Apakah karakteristik sistem ini lebih baik/sama dengan sistem yang menggunakan IC lain.

Jawaban

1. *Linear amplifier* yang dibuat dilengkapi dengan *test point* untuk pengamatan pulsa dan difasilitasi dengan terminal untuk eksperimen harga R dan C untuk keperluan pembentukan pulsa dan selain itu mempunyai hubungan linearitas penguatan yang baik 0,3% serta *band width* lebar 90 kHz. Peralatan sejenis yang telah ada di STTN belum dilengkapi dengan perangkat eksperimen dan *band widthnya* lebih rendah 70 kHz serta mahasiswa lebih rendah dalam melaksanakan praktikum.
2. *Amplifier* dengan IC LM 318 mempunyai kelebihan stabilitasnya lebih baik linearitas penguatan 0,3% sedang sebelumnya 0,5%. Rangkaianannya lebih sederhana komponennya mudah dicari dipasaran, tegangan noise lebih rendah yaitu 15 mv sedangkan yang sebelumnya 20 mv. Jadi secara keseluruhan karakteristik *amplifier* yang dibuat lebih baik dari *amplifier* sebelumnya