

RANCANG BANGUN PENGKONDISI SINYAL UNTUK SURVEY METER DIGITAL

TOTO TRIKASJONO, NUGROHO TRI SANYOTO, WISNU MEGA WIJAYA

Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir – BATAN Yogyakarta

Jl. Babarsari Kotak Pos 1008 DIY 55010

Telp. 0274.489716, Faks. 489715

Abstrak

Telah dibuat satu alat pengkondisi sinyal untuk survey meter digital yang mampu menghasilkan keluaran sinyal kotak positif standart Nuclear Instrument Module. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk merancang dan membangun suatu pengkondisi sinyal dengan konsumsi arus yang kecil dan respon frekuensi maksimum yang tinggi sehingga layak untuk dipasang pada survey meter. Sistem pengkondisi sinyal yang dibangun terdiri dari pembalik pulsa, pembentuk pulsa serta sumber daya tegangan tinggi sebagai catu daya detektor Geiger Muller. Berdasarkan hasil pengujian alat yang dirancang dihasilkan rangkaian sumber tegangan tinggi mampu bekerja secara optimum pada frekuensi osilator 1,5 kHz sampai dengan 13 kHz, dengan tinggi tegangan searah maksimum 916 Volt, konsumsi arus 75 mA, dan angka kestabilan tegangan sebesar 99,26%. Rangkaian pembalik dan pembentuk pulsa dapat menghasilkan sinyal kotak positif standart TTL untuk masukan sinyal mulai dari 0,4 Volt, dengan respon fekuensi maksimum 60 kHz. Nilai uji kestabilan pencacahan (*chi square test*) dari 20 data diperoleh angka 27,41. Hasil tersebut terletak antara $7,63 \leq 27,41 \leq 36,19$ yang berarti kebolehjadian stabil adalah 99% dan kesalahan sebesar 1%, sehingga alat yang dibangun dalam keadaan stabil dan layak dipakai sebagai pengkondisi sinyal untuk Survey Meter Digital.

Kata Kunci : rancang bangun, pengkondisi sinyal, survei meter digital

Abstract

Has been constructed an signal conditioning for digital survey meter that capable to yield output of positive box signal of Nuclear Instrument Module standart. This appliance consist of GM detector, high voltage circuit, and pulse inverter and forming circuit. This appliance made as a mean to conduct the condition of signal output that come from the GM detector, so that the amount of yielded signal can be counted by counting system. Pursuant to result of examination of designed to be appliance to be yielded by network is source of high voltage can work optimumly at oscillator frequency 1,5 kHz up to 13 kHz, highly DC maximum 916 Volt, current consumption 75 mA, and number stability of tension equal to 99,26%. Reverser network and forming circuit can yield positive box sinyal of TTL standart for the input of signal start from 0,4 volt, with maximum frequency respon 60 kHz. The *chi square test* to measure the reliability of the counting is 27,41 for $n = 20$, it acceptable range located between $7.63 \leq 27.41 \leq 36.19$, so the system is reliable to use as an signal conditioning for the digital survey meter.

Keywords : design and contruction, signal conditioning, digital survey meter

PENDAHULUAN

Energi nuklir merupakan suatu bentuk energi yang dipancarkan secara radiasi dengan memiliki dua sifat yang khas, yaitu tidak dapat

dirasakan secara langsung oleh indera manusia dan beberapa jenis radiasi dapat menembus beberapa jenis bahan. Dengan adanya sifat-sifat tersebut, maka untuk dapat menemtukan ada atau tidaknya radiasi nuklir, diperlukan suatu alat pengukur radiasi yang merupakan suatu

susunan peralatan untuk mendeteksi dan mengukur radiasi, (Maryanto, 2006). Sesuai dengan SK.Kepala BAPETEN No.01/Ka-BAPETEN/V-99 tentang ketentuan keselamatan kerja terhadap radiasi, maka alat ukur radiasi menjadi suatu hal yang mutlak diperlukan pada daerah instalasi nuklir, dimana alat tersebut harus dapat menunjukkan nilai intensitas atau dosis radiasi yang mengenainya. Dengan demikian seorang pekerja radiasi dapat mengambil tindakan yang sesuai setelah membaca alat ukur yang dipergunakannya, untuk tujuan proteksi terhadap radiasi. Mengacu pada Undang-Undang ketenaganukliran No. 33 tahun 2007 bahwa pemanfaatan tenaga nuklir dalam berbagai bidang kehidupan manusia di dunia sudah sedemikian maju, sehingga pemanfaatan dan pengembangan bagi pembangunan nasional berwawasan lingkungan perlu ditingkatkan dan diperluas, karena sifat tenaga nuklir selain dapat memberikan manfaat, sehingga bahaya radiasi dapat diminimalkan.

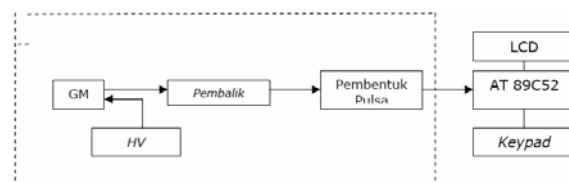
Pengkondisi sinyal merupakan bagian dari peralatan penunjang yang berfungsi sebagai pengolah hasil tanggapan dari detektor yang kemudian akan ditampilkan pada suatu monitor tertentu yang dapat berupa sistem penampilan analog maupun digital (Trikasjono, 2006). Kemampuan kerja dari pengkondisi sinyal untuk mengolah hasil tanggapan detektor merupakan suatu hal yang sangat penting, dimana hasil pengukuran yang akan ditampilkan diolah berdasarkan tanggapan detektor terhadap pancaran radiasi yang mengenainya. Sehingga diperlukan suatu sistem pengkondisi sinyal yang dapat mengolah setiap perubahan tanggapan dari detektor secara tepat dalam suatu alat pengukur radiasi (Knoll, 1979). Penelitian ini dilakukan berdasarkan studi pustaka, antara lain telah dilakukan oleh Nugroho Tri Sanyoto, serta Mursiti sebagai tugas akhir pada tahun 2005 pada Jurusan Elektronika Instrumentasi dari Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir, dengan judul Rancang Bangun Area Monitor Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Detektor Geiger Muller, dan Pembuatan Sistem Pencacah Nuklir Berbasis Mikrokontroler AT 89C51. Kedua penelitian tersebut lebih ditekankan pada penggunaan Mikrokontroler untuk sistem pencacahan, sedangkan pada penelitian ini konsumsi arus dari rangkaian pengkondisi sinyal diperkecil

dan respon frekuensi maksimum terhadap sinyal masukan dari detektor diperbesar sehingga keakuratan pengolahan sinyal semakin mendekati kenyataan.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk merancang dan membangun suatu pengkondisi sinyal dengan konsumsi arus yang kecil dan respon frekuensi maksimum yang tinggi sehingga layak untuk dipasang pada survey meter. Sistem pengkondisi sinyal yang dibangun terdiri dari pembalik pulsa, pembentuk pulsa serta sumber daya tegangan tinggi sebagai catu daya detektor Geiger muller. Pengkondisi sinyal ini merupakan bagian dari sistem surveymeter, diharapkan dapat bermanfaat untuk melakukan pengukuran pada daerah yang beresiko radiasi, sehingga sangat membantu dalam usaha keselamatan kerja terhadap radiasi.

TINJAUAN PUSTAKA

Survey meter digital terdiri atas beberapa bagian meliputi detektor, sumber tegangan tinggi, pembalik pulsa, pembentuk pulsa, mikrokontroler, LCD (*Liquid Cristal Display*), keypad, dan sumber tegangan rendah sebagai catu daya dari rangkaian yang dipergunakan. Diagram kotak dari survey meter ditunjukkan pada Gambar 1 sbb :



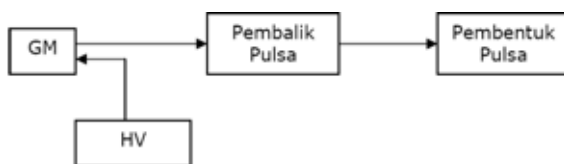
Gambar 1. Diagram Kotak Survey Meter

Tegangan kerja suatu detektor Geiger Muller disebut plato, daerah kerja detektor adalah merupakan daerah dimana ionisasi sudah tidak tergantung pada jenis dan besarnya tenaga radiasi. Bentuk plato suatu detektor Geiger Muller merupakan salah satu karakteristik detektor GM, sedangkan panjang plato dapat menentukan baik buruknya detektor Geiger Muller. Detektor yang baik biasanya mempunyai panjang plato sekitar 200 volt, kemiringan sekitar 3% dan *resolving time* dalam orde mikro detik (Wisnu A. 1985). Sumber tegangan tinggi berfungsi sebagai pencatu tegangan kerja dari detektor Geiger Muller. Karena jenis detektor yang digunakan

merupakan detektor isian gas yang bekerja pada daerah Geiger Muller dimana mempunyai tegangan kerja yang lebih tinggi daripada detektor isian gas yang bekerja pada daerah Ionisasi maupun Proporsional. Sumber tegangan tinggi dirancang untuk mampu menghasilkan tegangan yang sesuai dengan tegangan kerja dari detektor Geiger Muller yang akan digunakan, yaitu tegangan searah sebesar 800 volt. Tegangan tersebut mampu untuk mensuplai kebutuhan dari detektor *Geiger Muller Victoreen* yang memiliki tegangan kerja 700 sampai dengan 920 volt (Nugroho T. 2005).

Keluaran sinyal dari detektor Geiger Muller disebabkan oleh terkumpulnya muatan pada elektroda detektor, karena proses ionisasi dan pengaruh medan listrik antara elektroda, akan timbul sinyal listrik positif dan negatif. Dengan mobilitas elektron yang jauh lebih cepat dari positron, maka pulsa negatif keluaran detektor memiliki *rise time, fall time, dead time* maupun tinggi pulsa yang lebih baik, sehingga terdapat kecenderungan menggunakan informasi pulsa negative (Wisnu A. 1985). Dalam pengolahan sinyal lebih lanjut, pencacah elektronik hanya mampu untuk melakukan pemrosesan pulsa positif, sehingga pulsa keluaran dari detektor tersebut harus dibalik polaritasnya. Pembentuk pulsa mempunyai tujuan untuk membangun pulsa keluaran berbentuk kotak positif standart TTL dengan tinggi 4 volt yang siap untuk di masukkan ke rangkaian selanjutnya (Nicholson, 1974).

Alat yang dirancang dalam penelitian merupakan suatu susunan rangkaian yang berfungsi sebagai pengkondisi sinyal keluaran dari detektor Geiger Muller, yang terdiri dari rangkaian : Sumber tegangan tinggi (HV), Pembalik dan Pembentuk pulsa. Diagram kotak perancangan pengkondisi sinyal dalam penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 2 sebagai berikut :



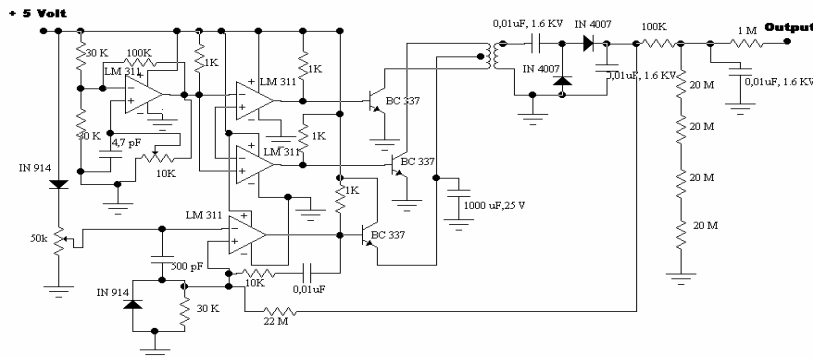
Gambar 2. Diagram Kotak Pengkondisi Sinyal

Fungsi dari setiap rangkaian seperti terlihat pada Gambar.2 dalam perancangan adalah sebagai berikut : 1).Detektor radiasi

berfungsi sebagai suatu transduser sinar radiasi penganion menjadi pulsa listrik. 2).Sumber tegangan tinggi berfungsi sebagai pencatu tegangan kerja dari detektor Geiger Muller yang digunakan. 3).Pembalik pulsa berfungsi sebagai pembalik pulsa keluaran dari detektor.4). Pembentuk pulsa berfungsi sebagai pembentuk pulsa yang akan masuk ke dalam rangkaian selanjutnya.

Sumber Tegangan Tinggi

Rangkaian sumber tegangan tinggi dirancang untuk dapat mencatu tegangan kerja dari detektor Geiger Muller yang akan digunakan dengan tegangan searah hingga 900 Volt. Tegangan tinggi diperoleh dengan menggunakan sistem *DC to DC converter* dari sumber tegangan sebesar 5 volt DC menjadi 900 Volt DC. Rangkaian RC pada op amp pertama IC LM 311 berfungsi sebagai pembangkit pulsa Osilator, selanjutnya pulsa tersebut dikuatkan dan diteruskan ke op amp kedua dan ketiga untuk dibuat menjadi dua buah pulsa dengan polaritas positif dan negatif, transistor T1 dan T2 merupakan rangkaian penguat push pull yang berfungsi untuk menguatkan pulsa yang akan diumpungkan ke trafo *step up* (penaik tegangan), tegangan referensi diperoleh dari hasil pengaturantegangan positif melalui potensiometer P1. Tegangan referensi tersebut dimasukkan ke op amp ke empat yang berfungsi sebagai regulator tegangan, dan transistor T3 sebagai driver tegangan yang akan dimasukkan ke tep tengah gulungan primer. Keluaran trafo *step up* disearahkan menggunakan diode penyearah tegangan tinggi IN4007, adapun fungsi dari dua buah kapasitor dan dua buah diode sebagai pelipat tegangan satu tingkat. Resistor yang tersusun secara seri dari keluaran tegangan tinggi ke ground berfungsi sebagai tahanan beban, sedangkan kapasitor yang tersusun dari keluaran tegangan tinggi ke ground berfungsi sebagai penyaring tegangan *ripple*. Resistor 22 M Ω berfungsi untuk mengumpukan balikkan sebagian tegangan ke rangkaian regulator sehingga terjadi kestabilan tegangan keluaran pada terminal tegangan tinggi (William, 1985). Gambar dari rangkaian sumber tegangan tinggi dapat dilihat pada Gambar 3 sebagai berikut :

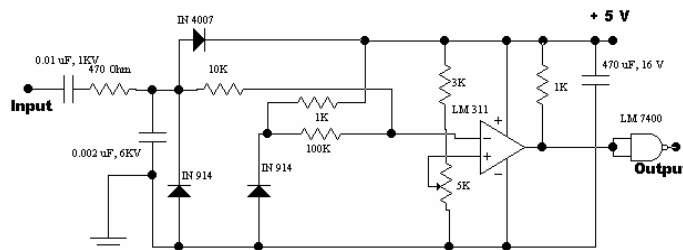


Gambar 3. Rangkaian Sumber Tegangan Tinggi

Pengkondisi Sinyal

Rangkaian pengkondisi signal terdiri dari rangkaian pembalik dan pembentuk pulsa dirancang untuk mampu membalik pulsa negatif keluaran dari detektor menjadi pulsa positif dan membentuk pulsa menjadi pulsa kotak standat TTL dengan tinggi 4 volt sehingga dapat dicacah oleh rangkaian selanjutnya. Pada gerbang *Nand gate* pulsa

akan dibentuk dan dibalik polaritasnya, sehingga pulsa keluaran dari rangkaian berbentuk kotak positif standat TTL dengan tinggi 4 volt yang siap untuk di masukkan ke dalam sistem pencacah. Gambar dari rangkaian pembalik dan pembentuk pulsa yang selanjutnya disebut pengkondisi sinyal dapat dilihat pada Gambar 4 sebagai berikut :



Gambar 4. Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Tabel 1. Alat Yang Digunakan

NO	NAMA ALAT	SPESIFIKASI	FUNGSI
1	Sumber tegangan	+ 5 volt	Sebagai catu daya saat pengujian
2	Pulse Generator	BNC.MODEL GL-3	Penghasil pulsa saat pengujian
3	Osiloskop	PINTEK.DS-203	Melihat tampilan bentuk pulsa
4	Multimeter	YUFANG.YF-3503	Mengukur besaran tegangan serta arus
5	Project board		Sebagai papan percobaan awal rangkaian elektronika
6	Solder	30 watt	Sebagai pemanas timah
7	Toolset		Untuk memasang komponen pada papan PCB
8	Mini Bor		Sebagai alat pengebor papan PCB
9	Mata bor	0,8 mm 1 mm	Sebagai mata pengebor
10	Setrika listrik	Phillips	Sebagai pemanas pada proses perekatan gambar pada papan PCB

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengetahui unjuk kerja alat, maka perlu diadakan pengujian. Pengujian ini merupakan suatu tolak ukur, apakah alat yang dihasilkan sudah dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Pada bab ini akan dijelaskan hasil pengujian dari tiap-tiap bagian alat yang telah dibuat maupun secara keseluruhan yang merupakan suatu sistem pengkondisi sinyal. Pengujian dari tiap bagian dilakukan untuk mengetahui karakteristik yang dapat diwujudkan dalam bentuk grafik, sedangkan secara sistem dibandingkan dengan alat standart. Untuk pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan dengan melakukan pengujian kestabilan pencacahan menggunakan sistem pencacah keluaran Ortec (Manual Timer, 1975) yang telah mempunyai standar *Nuclear Instrument Module*.

Pengujian Pembalik dan Pembentuk Pulsa .

Pada Gambar 5. di bawah ini adalah skema pengujian rangkaian pembalik pulsa dan Pembentuk Pulsa



Gambar 5. Blok Diagram Pengujian Rangkaian Pembalik dan Pembentuk Pulsa

HASIL PENGUJIAN

Hasil Pengujian Rangkaian pengkondisi sinyal atau Pembalik pulsa dan Pembentuk Pulsa dengan *pulse generator*. Pada pengujian diberikan Pulsa berpolaritas negatip sebagai masukan dengan frekuensi = 1 kHz. hasil dibuat tabel seperti di bawah ini.

Tabel 2. Hasil Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal

NO	Bagian Yang Diuji	Direncanakan	Terukur
1	Bentuk pulsa masukan	Pulsa negatip	Pulsa negatip
2	Frekuensi pulsa masukan	1 KHz	1 KHz
3	Bentuk pulsa keluaran	Pulsa kotak positip	Pulsa kotak positip
4	Lebar pulsa keluaran	0,5 – 100 μ S	30 μ S
5	Tinggi pulsa keluaran	2,8 – 5,0 V	4,0 V
6	Tegangan noise	\leq 50 mV	40 mV
7	Respon frekuensi maksimum	\geq 10 KHz	12 KHz

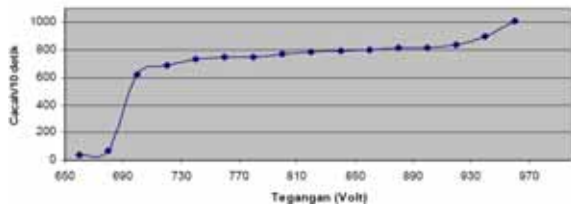
Pengujian Tegangan Kerja Detektor GM

Pengujian tegangan kerja dari detektor GM yang akan digunakan dilakukan dilakukan diperoleh data tegangan kerja detektor pada Tabel 2. Sumber radiasi Cs137, aktivitas 12,9 μ Ci (1978) pada jarak 10 cm, seperti terlihat pada Tabel 3. sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil Pengujian Tegangan Kerja Detektor GM

No.	HV (Volt)	Cacah/10 dtk	No.	HV (Volt)	Cacah/10 dtk
1	660	41	9	820	786
2	680	67	10	840	793
3	700	622	11	860	797
4	720	689	12	880	814
5	740	731	13	900	817
6	760	747	14	920	839
7	780	748	15	940	895
8	800	773	16	960	1007

Dari data pada Tabel 3. dapat diperoleh grafik tegangan kerja detektor GM pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Tegangan Kerja Detektor GM

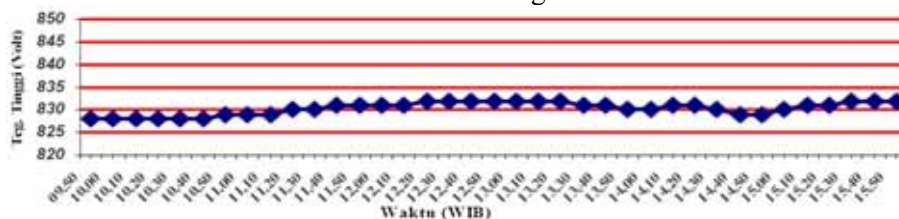
Pengujian Kestabilan Tegangan Tanpa Beban

Pengujian kestabilan tegangan keluaran tanpa beban dari sumber tegangan tinggi dilakukan diperoleh data kestabilan tegangan tinggi tanpa beban pada Tabel 4. sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil Pengujian Kestabilan Tegangan Tanpa Beban

No	Waktu	HV (Volt)	No	Waktu	HV (Volt)
1	09,50	828	20	13,00	832
2	10,00	828	21	13,10	832
3	10,10	828	22	13,20	832
4	10,20	828	23	13,30	831
5	10,30	828	24	13,40	831
6	10,40	828	25	13,50	830
7	10,50	829	26	14,00	830
8	11,00	829	27	14,10	831
9	11,10	829	28	14,20	831
10	11,20	830	29	14,30	830
11	11,30	830	30	14,40	829
12	11,40	831	31	14,50	829
13	11,50	831	32	15,00	830
14	12,00	831	33	15,10	831
15	12,10	831	34	15,20	831
16	12,20	832	35	15,30	832
17	12,30	832	36	15,40	832
18	12,40	832	37	15,50	832
19	12,50	832			

Dari data pada Tabel 4 diperoleh grafik stabilitas tegangan tanpa beban pada Gambar 7, sebagai berikut :



Gambar 7. Grafik Stabilitas Tegangan Tanpa Beban

V maksimum = 832 Volt

V minimum = 828 Volt

$\Delta V = V_{maks} - V_{min}$

= 832 Volt – 828 Volt = 4 Volt

Angka ketidakstabilan = $\frac{4}{830,49} \times 100\%$
= 0,48%

Angka kestabilan = $100\% - 0,48\% = 99,52\%$

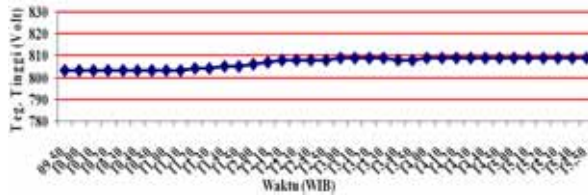
Pengujian Kestabilan Tegangan Dengan Beban Detektor GM

Pengujian kestabilan tegangan keluaran dengan beban detektor GM dilakukan diperoleh data kestabilan tegangan tinggi dengan beban detektor GM pada Tabel 5, sebagai berikut :

Tabel 5. Hasil Pengujian Kestabilan Tegangan dengan Beban Detektor GM

No	Waktu	HV (Volt)	No	Waktu	HV (Volt)
1	09,50	803	20	13,00	809
2	10,00	803	21	13,10	809
3	10,10	803	22	13,20	809
4	10,20	803	23	13,30	809
5	10,30	803	24	13,40	808
6	10,40	803	25	13,50	808
7	10,50	803	26	14,00	809
8	11,00	803	27	14,10	809
9	11,10	803	28	14,20	809
10	11,20	804	29	14,30	809
11	11,30	804	30	14,40	809
12	11,40	805	31	14,50	809
13	11,50	805	32	15,00	809
14	12,00	806	33	15,10	809
15	12,10	807	34	15,20	809
16	12,20	808	35	15,30	809
17	12,30	808	36	15,40	809
18	12,40	808	37	15,50	809
19	12,50	808			

Dari data pada Tabel 5 dapat diperoleh grafik stabilitas tegangan tinggi dengan beban detektor GM pada Gambar 8 sebagai berikut :



Gambar 8. Grafik Stabilitas Tegangan dengan Beban Detektor GM

V maksimum = 809 Volt ; V minimum
= 803 Volt

$$\Delta V = V_{maks} - V_{min}$$

$$= 809 \text{ Volt} - 803 \text{ Volt} = 6 \text{ Volt}$$

$$\text{Angka ketidakstabilan} = \frac{6}{806,76} \times 100\% = 0,743\%$$

$$\text{Angka kestabilan} = 100\% - 0,743\% = 99,257\%$$

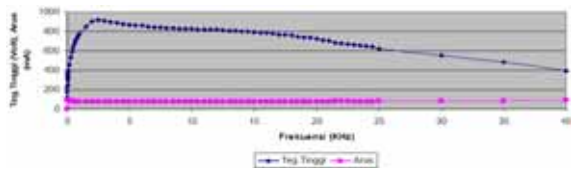
Pengujian Tanggapan Terhadap Perubahan Frekuensi Osilator

Pengujian dilakukan dengan melakukan variasi terhadap frekuensi sinyal keluaran osilator sehingga diperoleh perubahan tegangan keluaran. Pengujian tanggapan terhadap frekuensi osilator dilakukan dilakukan diperoleh data tanggapan terhadap frekuensi osilator pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian Tanggapan Terhadap Frekuensi Osilator

No	Frekuensi (KHz)	Tegangan (Volt)	Arus (mA)	No	Frekuensi (KHz)	Tegangan (Volt)	Arus (mA)
1	0,01	116	90	31	7	841	75
2	0,02	170	90	32	7,5	839	75
3	0,03	218	90	33	8	834	75
4	0,04	250	90	34	8,5	832	75
5	0,05	294	90	35	9	829	75
6	0,06	315	90	36	9,5	827	75
7	0,07	341	87	37	10	826	75
8	0,08	353	87	38	10,5	824	75
9	0,09	371	87	39	11	821	75
10	0,1	393	87	40	11,5	819	75
11	0,2	457	85	41	12	818	75
12	0,3	532	85	42	12,5	816	75
13	0,4	591	82	43	13	810	75
14	0,5	632	82	44	13,5	806	77
15	0,6	677	80	45	14	801	77
16	0,7	705	78	46	14,5	798	77
17	0,8	728	78	47	15	796	77
18	0,9	760	78	48	16	786	77
19	1	773	78	49	17	764	78
20	1,5	851	75	50	18	760	78
21	2	905	75	51	19	740	78
22	2,5	916	75	52	20	723	78
23	3	910	75	53	21	701	78
24	3,5	898	75	54	22	677	80
25	4	887	75	55	23	659	78
26	4,5	877	75	56	24	649	78
27	5	870	75	57	25	621	82
28	5,5	864	75	58	30	554	82
29	6	859	75	59	35	483	85
30	6,5	847	75	60	40	390	87

Dari data pada Tabel 6 tersebut di atas dapat diperoleh grafik tanggapan terhadap perubahan frekuensi osilator pada Gambar 9 sebagai berikut :

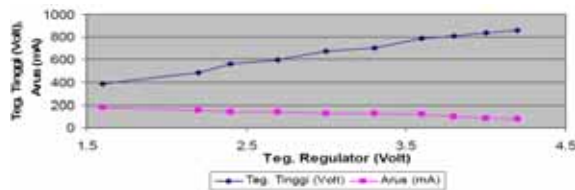


Gambar 9 Grafik Tanggapan Terhadap Perubahan Frekuensi Osilator

Pengujian Tanggapan Terhadap Perubahan Tegangan Regulator

Pengujian dilakukan dengan melakukan variasi terhadap tegangan regulator, sehingga diperoleh perubahan tegangan keluaran. Dari pengujian yang dilakukan diperoleh data tanggapan terhadap perubahan tegangan regulator pada Tabel 7

Dari data pada Tabel 7 dapat diperoleh grafik tanggapan terhadap perubahan tegangan regulator pada Gambar 10 sebagai berikut :



Gambar 10. Grafik Tanggapan Terhadap Perubahan Tegangan Regulator

Tabel 7 Hasil Pengujian Tanggapan Terhadap Tegangan Regulator

No	Teg Regulator (Volt)	Teg Tinggi (Volt)	Arus (mA)
1	1,6	383	180
2	2,2	485	155
3	2,4	559	143
4	2,7	597	140
5	3	671	130
6	3,3	702	125
7	3,6	789	120
8	3,8	806	100
9	4	837	85
10	4,2	861	75

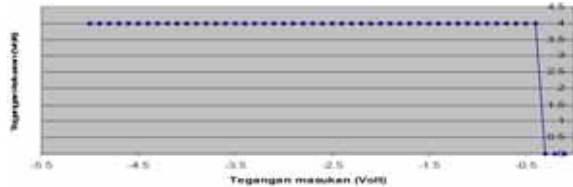
Pengujian Tanggapan Terhadap Tegangan Sinyal Masukan

Pengujian tanggapan terhadap perubahan tegangan sinyal masukan dilakukan dan diperoleh data tanggapan terhadap tegangan sinyal masukan pada Tabel 8

Tabel 8. Hasil Pengujian Tanggapan Terhadap Tegangan Sinyal Masukan

No	Vin (volt)	Vout (volt)	Lebar Pulsa (μ s)	No	Vin (volt)	Vout (volt)	Lebar Pulsa (μ s)
1	-0.1	0	0	26	-2.6	4	44
2	-0.2	0	0	27	-2.7	4	44
3	-0.3	0	0	28	-2.8	4	44
4	-0.4	4	44	29	-2.9	4	44
5	-0.5	4	44	30	-3	4	44
6	-0.6	4	44	31	-3.1	4	44
7	-0.7	4	44	32	-3.2	4	44
8	-0.8	4	44	33	-3.3	4	44
9	-0.9	4	44	34	-3.4	4	44
10	-1	4	44	35	-3.5	4	44
11	-1.1	4	44	36	-3.6	4	44
12	-1.2	4	44	37	-3.7	4	44
13	-1.3	4	44	38	-3.8	4	44
14	-1.4	4	44	39	-3.9	4	44
15	-1.5	4	44	40	-4	4	44
16	-1.6	4	44	41	-4.1	4	44
17	-1.7	4	44	42	-4.2	4	44
18	-1.8	4	44	43	-4.3	4	44
19	-1.9	4	44	44	-4.4	4	44
20	-2	4	44	45	-4.5	4	44
21	-2.1	4	44	46	-4.6	4	44
22	-2.2	4	44	47	-4.7	4	44
23	-2.3	4	44	48	-4.8	4	44
24	-2.4	4	44	49	-4.9	4	44
25	-2.5	4	44	50	-5	4	44

Dari data pada Tabel 8 dapat dibuat grafik tanggapan terhadap perubahan tegangan sinyal masukan pada Gambar 11 sebagai berikut :

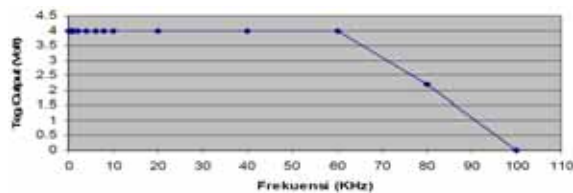


Gambar 11. Grafik Tanggapan Terhadap Perubahan Tegangan Sinyal Masukan

Pengujian Tanggapan Terhadap Frekuensi Sinyal Masukan

Pengujian tanggapan terhadap perubahan frekuensi sinyal masukan dilakukan diperoleh data tanggapan terhadap perubahan frekuensi sinyal masukan pada terlihat pada Tabel 9.

Dari data pada Tabel 9. dapat dibuat grafik tanggapan terhadap perubahan frekuensi sinyal masukan pada Gambar 12 sebagai berikut :



Gambar 12. Grafik Tanggapan Terhadap Perubahan Frekuensi Sinyal Masukan

Tabel 9. Hasil Pengujian Tanggapan Terhadap Frekuensi Sinyal Masukan

No	Frekuensi (KHz)	Teg Input (Volt)	Teg Output (Volt)	Lebar pulsa (μ s)
1	0,1	-2	4	44
2	0,2	-2	4	44
3	0,4	-2	4	44
4	0,6	-2	4	44
5	0,8	-2	4	44
6	1	-2	4	44
7	2	-2	4	44
8	4	-2	4	44
9	6	-2	4	44
10	8	-2	4	44
11	10	-2	4	44
12	20	-2	4	44
13	40	-2	4	44
14	60	-2	4	44
15	80	-2	2.2	38
16	100	-2	0	0

Pengujian Kestabilan Pencacahan (*Chi Square Test*)

Pengujian dilakukan kestabilan pencacahan dilakukan dengan mencacah sumber radiasi Cs 137 dengan aktivitas 12,9 μ Ci (1978) pada jarak 15 cm sebanyak 20 kali pencacahan. Dari pengujian yang dilakukan diperoleh data hasil pencacahan pada Table. 10 sebagai berikut :

Tabel 10 Hasil Pencacahan Terhadap Sumber Cs 137

No	jarak	Cacah (Xi)	$(X_i - \bar{X})^2$
1	15	5191	720,92
2	15	5243	4879,02
3	15	5444	891,02
4	15	5136	792,42
5	15	5303	19279,32
6	15	5162	4,662
7	15	5141	537,31
8	15	5224	3582,02
9	15	5081	29877,12
10	15	5260	6913,92
11	15	5260	9187,22
12	15	5111	2824,92
13	15	5032	17463,62
14	15	5134	909,02
15	15	5251	7542,92
16	15	5095	4781,72
17	15	5093	5062,32
18	15	5040	15413,22
19	15	5086	6107,42
20	15	5095	4781,72
N=20		$\sum Xi = 103283$	$\sum (Xi - \bar{X})^2 = 141551,89$
		$\bar{X} = 5164,15$	

Menghitung harga *Chi Square Test* (X^2) adalah sebagai berikut :

$$X^2 = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{\bar{X}} = \frac{141551,89}{5164,15} = 27,41$$

Untuk $n = 20$, dengan mengambil tingkat kepercayaan = 99 %, maka harga X^2 harus berada pada $7,63 \leq X^2 \leq 36,19$. Harga Chi Square Test (X^2) hasil pengukuran sebesar 27,41. Harga X^2 tersebut dimasukkan dalam batasan yang diijinkan : $7,63327,41 \leq 36,19$.

PEMBAHASAN

Pengujian Tegangan Kerja Detektor GM

Untuk mencari tegangan kerja detektor GM terlebih dahulu harus diketahui bentuk plateunya, plateu diperoleh dari hasil cacah yang telah dilakukan pencacahan dalam waktu tertentu menggunakan tegangan tinggi yang dapat diatur sehingga menghasilkan cacah, cacah akan diperoleh setiap ada perubahan tegangan. Pada tegangan awal akan diperoleh cacah rendah, cacah akan dilakukan sampai cacah melonjak tinggi, hasil rerata cacah tersebut pada tegangan tertentu adalah merupakan daerah kerja detektor (Trikasjono, 2006). Pada Gambar 6. dapat dilihat grafik tegangan kerja detektor GM, dengan melihat

bentuk gambar grafik dari tegangan 700 volt sampai 920 volt maka panjang tegangan kerja detektor GM tersebut adalah 220 volt, lebar plateu tersebut masih cukup baik karena masih berada di atas toleransi minimal lebar plateu sebesar 200 Volt (Nicholson.1971). Dengan diketahui panjang plateu detektor GM, maka dalam membuat catu daya tegangan tinggi harus memiliki tegangan keluaran yang sesuai dengan daerah kerja dari detektor.

Sumber tegangan tinggi sangat diperlukan sebagai catu daya detektor GM. Sebagai pencatu daya, sangat diperlukan kualitas yang baik serta harus mempunyai unjuk kerja yang sesuai dengan spesifikasi (Nugroho T.2005). Tujuan dari pengujian kestabilan tegangan tanpa beban adalah untuk mengetahui tingkat kestabilan tegangan keluaran dari penyedia tegangan tinggi tanpa adanya beban detektor. Pengujian ini dilakukan selama 6 (enam) jam tanpa berhenti, data diambil setiap interval waktu 10 (sepuluh) menit. Tegangan terendah diperoleh pada saat awal dioperasikan senilai 828 Volt (V_{\min}) serta tegangan tertinggi tertinggi yang diperoleh senilai 832 Volt (V_{\max}) sehingga diperoleh selisih tegangan $\Delta V = V_{\max} - V_{\min} = 832 \text{ Volt} - 828 \text{ Volt} = 4 \text{ Volt}$, selisih angka tersebut merupakan angka tidak stabil atau fluktuasi tegangan sama dengan :

$$\Delta X = \frac{4}{830,53} \times 100\% = 0,481\%$$

Stabilitas tegangan = $100\% - 0,481\% = 99,52\%$. Hasil yang diperoleh merupakan hasil yang sesuai dengan perencanaan yaitu nilai stabilitas tegangan berada diantara $95\% - 100\%$.

Untuk Pengujian kestabilan tegangan dengan beban detektor GM dengan tujuan untuk mengetahui tingkat kestabilan tegangan keluaran dari penyedia tegangan tinggi dengan memasang beban detektor. Pengujian ini dilakukan selama 6 (enam) jam tanpa berhenti, data diambil setiap interval waktu 10 (sepuluh) menit. Tegangan terendah diperoleh pada saat awal dioperasikan senilai 803 Volt (V_{\min}) serta tegangan tertinggi tertinggi yang diperoleh senilai 809 Volt (V_{\max}) sehingga diperoleh selisih tegangan $\Delta V = V_{\max} - V_{\min} = 809 \text{ Volt} - 803 \text{ Volt} = 6 \text{ Volt}$, selisih angka tersebut merupakan angka tidak stabil atau fluktuasi tegangan sebesar :

$$\Delta X = \frac{6}{806,75} \times 100\% = 0,743\%$$

Stabilitas tegangan = $100\% - 0,74\% = 99,26\%$. Hasil yang diperoleh merupakan hasil yang sesuai dengan perencanaan yaitu nilai stabilitas tegangan berada diantara $95\% - 100\%$.

Pengujian Tanggapan Terhadap Frekuensi Osilator dan Tegangan Regulator

Tujuan dari pengujian tanggapan terhadap perubahan frekuensi osilator adalah untuk mengetahui nilai frekuensi yang tepat agar rangkaian sumber tegangan tinggi dapat bekerja secara optimum. Pengujian dilakukan dengan merubah frekuensi sinyal keluaran osilator dan mengukur perubahan nilai tegangan keluaran dari rangkaian, dari perubahan nilai tegangan yang terjadi dapat diketahui besar nilai frekuensi yang sesuai. Dari data yang diperoleh dapat diketahui bahwa frekuensi osilator yang sesuai berada pada kisaran 1,5 KHz – 13 KHz. Untuk frekuensi di bawah 1,5 KHz dan di atas 13 KHz, maka tegangan keluaran akan mengalami penurunan, hal ini disebabkan oleh frekuensi sinyal keluaran osilator yang belum sesuai dengan frekuensi kerja dari transformator yang digunakan.

Untuk Pengujian tanggapan terhadap perubahan tegangan regulator dengan tujuan pengujian adalah untuk mengetahui besar perubahan keluaran tegangan tinggi terhadap tegangan yang diberikan oleh regulator.

Pengujian dilakukan dengan merubah tegangan keluaran Regulator yang akan diteruskan ke tep tengah dari transformator, tegangan tertinggi yang mampu dihasilkan oleh regulator adalah sebesar 4,2 Volt yang akan menghasilkan keluaran tegangan tinggi sebesar 861 Volt. Dari data hasil pengujian diketahui bahwa untuk masukan tegangan regulator yang semakin kecil akan menghasilkan keluaran tegangan tinggi yang semakin kecil pula, hal ini terjadi karena transformator akan menaikkan tegangan sesuai dengan tegangan masukan yang diberikan, sehingga perbandingan nilai tegangan masukan dengan nilai tegangan keluaran dari transformator akan bersifat linier.

Pengujian Tanggapan Frekwensi Terhadap Tegangan Masukan

Tujuan pengujian adalah untuk mengetahui nilai tegangan sinyal masukan minimum yang mampu menghasilkan sinyal keluaran sesuai dengan persyaratan untuk dapat dilakukan pencacahan. Sinyal keluaran yang dipersyaratkan adalah berbentuk kotak positip standar TTL dengan tinggi 4 Volt, pulsa kotak tersebut selanjutnya dimasukkan kedalam rangkaian cacah untuk dihitung jumlah pulsa keluaran yang berasal dari keluaran detektor GM (Jumari, 2005). Pengujian dilakukan dengan memberikan variasi masukan sinyal negatif dari *pulse generator (pulser)* dan melakukan pengukuran tinggi sinyal keluaran menggunakan osiloskop. Dari data yang diperoleh diketahui bahwa sinyal masukan minimum yang mampu menghasilkan keluaran sesuai dengan persyaratan adalah sebesar -0,4 Volt. Untuk tinggi pulsa masukan yang lebih dari -0,4 Volt, maka keluaran rangkaian akan tetap konstan sampai mencapai batas frekuensi tertentu, yang merupakan ambang batas keakuratan kinerja dari rangkaian tersebut.

Untuk Pengujian tanggapan terhadap frekuensi sinyal masukan untuk mengetahui nilai ambang frekuensi sinyal tertinggi, dimana sinyal keluaran dari rangkaian dinilai tidak akurat lagi. Pengujian dilakukan dengan menaikkan frekuensi sinyal dari *pulse generator (pulser)* mulai dari 0,1 KHz sampai dengan 100 KHz. Dari data yang diperoleh dapat diketahui bahwa respon frekuensi maksimum adalah 80 KHz, hal ini berarti bahwa untuk sinyal masukan dengan frekuensi di atas 80 KHz sudah tidak mampu lagi diolah

oleh rangkaian yang dibangun. Sedangkan untuk masukan sinyal dengan frekuensi di bawah 80 KHz, rangkaian akan menghasilkan sinyal keluaran yang siap untuk dicacah.

Pengujian Kestabilan Pencacahan (Chi Square Test)

Pengujian ini dilakukan secara keseluruhan dengan menggabungkan rangkaian yang dibangun dengan *counter* DIN 711 BATAN dan *timer* ORTEC 719, dengan tujuan untuk mengetahui kestabilan pencacahan. Pengujian dilakukan dengan mencacah sumber radioaktif pada jarak yang sama, data diambil sebanyak 20 kali dengan tingkat kepercayaan 99%. Hasil perhitungan dimasukkan dalam batasan dengan rentang data adalah $7,633 \leq X^2 \leq 36,191$. Besarnya harga *Chi Square Test* (X^2) adalah :

$$X^2 = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{\bar{X}} = \frac{141551.89}{5164.15} = 27.41$$

Untuk n sebanyak 20, dengan mengambil tingkat kepercayaan sebesar 99%, maka harga X^2 harus berada pada $7,633 \leq X^2 \leq 36,191$. Harga *Chi Square Test* (X^2) hasil pengukuran sebesar 27,41. Harga X^2 tersebut dimasukkan dalam batasan yang diijinkan adalah $7,633 \leq 27,41 \leq 36,191$. Dari hasil yang diperoleh dapat diketahui bahwa hasil pencacahan mempunyai tingkat kestabilan sesuai dengan rentang yang ditentukan, yang berarti kebolehjadian stabil adalah 99% dan kesalahan sebesar 1%.

KESIMPULAN

1. Rangkaian sumber tegangan tinggi mampu bekerja secara optimum pada frekuensi osilator 1,5 kHz-13 kHz, dengan tinggi tegangan searah maksimum 916 Volt, konsumsi arus 75 mA, dan angka kestabilan tegangan = 99,26%.
2. Rangkaian pembalik dan pembantu pulsa dapat menghasilkan sinyal kotak positif standart TTL untuk masukan sinyal mulai dari 0,4 Volt, dengan respon fekuensi maksimum 60 KHz.
3. Nilai uji kestabilan pencacahan (*Chi Square Test*) dari 20 data diperoleh angka 27,41. Angka tersebut terletak antara $7,63 \leq 27,41 \leq 36,19$ yang berarti kebolehjadian stabil adalah 99% dan kesalahan sebesar

1%, sehingga alat yang dibangun dalam keadaan stabil dan layak pakai.

SARAN

Untuk pengembangan selanjutnya dapat dilakukan dengan mengusahakan konsumsi arus rangkaian yang semakin kecil sehingga sumber catu daya yang berupa baterai dapat dipakai dalam waktu yang lebih lama.

DAFTAR PUSTAKA

1. ATOMITRON, 1986, "Buku Petunjuk Pemakaian dan Perbaikan Pencacah Elektronik (*counter*) DIN 711", Pusat Penelitian Bahan Murni dan Instrumentasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional, Yogyakarta.
2. BAPETEN, 2007, "Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 33 Tahun 2007 tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif", Penerbit Badan Pengawas Tenaga Nuklir, Jakarta.
3. BAPETEN, 2009, "Ketentuan Keselamatan Kerja Terhadap Radiasi", Keputusan Kepala Bapeten No.01/Ka.Bapeten/V/99, Jakarta.
4. KNOLL, G.F., 1979, *Radiation Detection and Measurement*, John Wiley & Sons, Inc., New York USA.
5. MALVINO A. P, 1980, *Prinsip prinsip Elektronika*, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta.
6. MARYANTO JOKO, 2006, "Pelatihan Petugas Proteksi Radiasi", Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir, Badan Tenaga Nuklir Nasional, Yogyakarta.
7. NUGROHO TRI SANYOTO, 2005, "Rancang Bangun Area Monitor Berbasis Mikrokontroller Menggunakan Detektor Geiger Muller", Tugas Akhir Jurusan Tekno Fisika Nuklir Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir, Yogyakarta.
8. JUMARI, 2005, "Rancang Bangun Sistem Pencacah Nuklir", Tugas Akhir Jurusan Teknofisika Nuklir, Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir, Yogyakarta.
9. MANUAL, 1975, "Timer Operating and Service Manual, EG and G, Ortec", USA.
10. P.W. NICHOLSON, 1974, *Nuclear Electronics*, University of London, A Wiley-Interscience Publication.
11. TRIKASJONO TOTO, 2006, "Pengantar Instrumentasi Nuklir, Sekolah Tinggi

Teknologi Nuklir", Badan Tenaga Nuklir Nasional, Yogyakarta.

12. WILLIAM D.C, 1985, *Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran*, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta.
13. WARDHANA, W.A., 1995, "Sistem Deteksi dan Detektor Nuklir", Pusat Pendidikan dan Pelatihan Badan Tenaga Nuklir Nasional, Jakarta.