

## RANCANGBANGUN SIMULASI SISTEM PENCACAH RADIASI

**NUGROHO TRISANYOTO, JOKO SUNARDI**

*Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir-BATAN  
Jl. Babarsari Kotak Pos 1008, DIY 55010  
Telp. 0274.489716, Faks.489715*

### **Abstrak**

*RANCANGBANGUN SIMULASI SISTEM PENCACAH RADIASI, telah dirancang dan dibangun simulasi Sistem Pencacah Radiasi sebagai pengukur radiasi beta dan gamma. Alat ini dibuat untuk kepentingan dalam bidang proteksi radiasi yang mampu mencacah radiasi yang ada disuatu lokasi yang mengenai detektor, sistem pencacah ini terdiri dari beberapa bagian antara lain detektor Geiger Muller (GM), pembalik pulsa, pembentuk pulsa, tegangan tinggi, mikrokontroler dan seven segment. Alat ini dirancang dengan tujuan mempermudah dalam pembuatan, murah, handal dalam pemakaian serta dapat mengukur radiasi khususnya sinar beta dan gamma menggunakan detektor Geiger Muller (GM). Catu daya tegangan tinggi untuk detektor mulai dari 750 sampai dengan 950 volt DC diperoleh dengan cara DC to DC converter. Sistem pencacah dibuat dengan prinsip sederhana dan mudah pengoperasiannya, kemudahan dalam pengoperasian artinya alat tersebut mudah dioperasikan serta tidak diperlukan persiapan awal maupun pengaturan lebih lanjut. Dari percobaan yang dilakukan dilaboratorium Elektronika STTN BATAN diperoleh  $R = 0,9984$*

*Kata kunci: Sistem pencacah radiasi*

### **Abstract**

*DESAIN AND CONSTRUCTION RADIATION COUNTING SYSTEM SIMULATION, An Radiation counting system simulation has been constructed. The equipment is used measure the beta gamma radiation. The system was designed for radiation protection of count in locationhitting detector, the system consisted Geiger Muller detector, pulse inverter, pulse shapping, high voltage, mikrocontroller and seven segmen. This appliance designed with a purpose to measure radiasi specially beta and gamma ray. Pulse out put from GM with order of volt have can for trigger next circuit. Geiger muller of detector including type of gas stuffing, supply detector of high voltage from 750 up to 950 volt. Radiation counting system made principally modestly and easy to operated and not preparation*

*Keywords: Radiation ounting system*

### **PENDAHULUAN**

Energi nuklir merupakan suatu bentuk energi yang dipancarkan secara radiasi dengan memiliki dua sifat khas, yaitu tidak dapat dirasakan secara langsung oleh indera manusia dan berbagai jenis radiasi dapat menembus beberapa jenis bahan. Dengan adanya sifat-

sifat tersebut, maka untuk menentukan ada atau tidaknya radiasi nuklir, diperlukan suatu alat pengukur berupa peralatan untuk mendeteksi dan mengukur radiasi (Susetyo, 1988).

Di dalam perkembangannya pemanfaatan tenaga nuklir dalam bidang kehidupan manusia di dunia sudah semakin maju, sehingga pemanfaatan dan pengembangannya bagi

pembangunan nasional yang berkesinambungan dan berwawasan lingkungan perlu ditingkatkan dan diperluas, karena sifat tenaga nuklir selain dapat memberikan manfaat juga dapat menimbulkan bahaya radiasi, maka setiap kegiatan yang berkaitan dengan tenaga nuklir harus diatur dan diawasi. (Undang – Undang ketenaganukliran No.10 Tahun 1997)

Hal tersebut juga 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 diperlukan pada daerah instalasi nuklir, dimana alat tersebut harus dapat menunjukkan nilai intensitas atau dosis radiasi yang mengena. Dengan demikian seorang pekerja radiasi dapat mengambil tindakan yang sesuai setelah membaca alat ukur yang dipergunakan untuk tujuan proteksi terhadap radiasi. Setiap alat ukur radiasi nuklir terdiri atas dua bagian, yaitu detektor dan peralatan penunjang. Detektor merupakan suatu alat yang peka terhadap radiasi, yang apabila terkena pancaran radiasi akan menghasilkan suatu tanggapan tertentu, sedangkan peralatan penunjang merupakan suatu peralatan elektronik yang berfungsi untuk mengubah tanggapan yang dihasilkan detektor menjadi suatu informasi yang dapat diamati oleh panca indera manusia atau dapat diolah lebih lanjut menjadi informasi yang berarti (Akhadi, 2000).

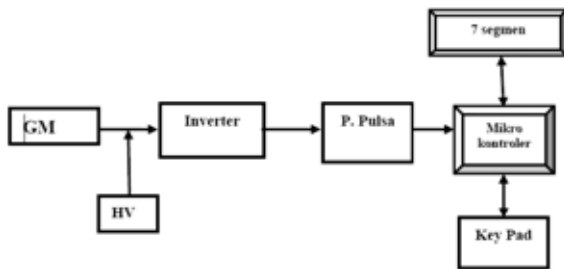
Pada penelitian ini diadakan modifikasi terhadap sistem pencacah nuklir baik pada sistem pembalik pulsa, pembentuk pulsa, sistem tegangan tinggi dan sistem penampil dengan seven segment, dengan modifikasi diharapkan akan untuk mempermudah dalam pembuatan dan lebih sesuai untuk praktikum. Sistem kendali yang digunakan dalam penelitian ini adalah mikrokontrol, serta 7 segmen sebagai tampilan untuk memudahkan dalam pembacaan. Mikrokontroler merupakan hasil teknologi pada saat ini yang sudah berkembang sangat jauh bila dibandingkan beberapa tahun yang lalu. Teknologi mikrokontroler memberikan kemudahan baik dalam cara pemakaian (*hardware & software*) dengan harga yang cukup murah. Atmel sebagai suatu vendor mengeluarkan produk – produknya yang telah beredar di pasaran lokal maupun internasional.([www. Atmel.com](http://www.Atmel.com))

## TEORI DASAR

Manusia tidak memiliki penginderaan-penginderaan radiasi penimbul ionisasi yang bersifat biologis. Sebagai konsekuensinya, sepenuhnya harus bergantung pada instrumen pembantu yang dapat mendeteksi serta mengukur radiasi (Cember, 1983). Ada beberapa alat yang dapat digunakan untuk melakukan pengukuran tingkat radiasi, antara lain detektor kamar ionisasi (*ionization chamber*), detektor Geiger Muller (GM) atau *Scintillator*, *film badge* dan *thermolumnescent dosimeter* (TLD) (Martin dan Harbinson, 1972). Dari masing-masing kategori tadi, didapatkan bahwa instrumen-instrumen ini dirancang pada dasarnya untuk mengukur suatu tipe radiasi tertentu, seperti sinar-X berenergi rendah, sinar gamma, neutron cepat, dan sebagainya (Cember, 1983). Pada instrumen ini dipakai detektor geiger muller sebagai transduser untuk mengukur radiasi beta, gamma.

Sistem Pencacah Radiasi yang dirancang terdiri dari pembalik pulsa, pembentuk pulsa, tegangan tinggi, dan mikrokontrol serta seven segmen sebanyak 8 buah. Alat ini dibuat dengan tujuan pengukuran radiasi khususnya radiasi beta dan gamma, maka alat ini menggunakan detektor Geiger Muller (GM). Detektor Geiger Muller selain harganya lebih kompetitif, rangkaian akan lebih sederhana jika dibandingkan dengan memakai detektor NaI(Tl). Pulsa keluaran dari detektor GM dengan orde volt sudah mampu untuk memicu rangkaian selanjutnya, sehingga tidak menggunakan penguat awal, penguat linier maupun sistem analisa saluran tunggal. Alat ini digunakan untuk melihat cacah radiasi persatuan waktu. Pulsa keluaran dari detektor dengan orde volt sudah mampu untuk memicu rangkaian selanjutnya. Detektor Geiger Muller termasuk jenis isian gas, dengan catu daya tegangan tinggi dari 750 sampai dengan 950 volt DC.

Sistem Pencacah Radiasi terdiri dari beberapa bagian seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem Pencacah Radiasi

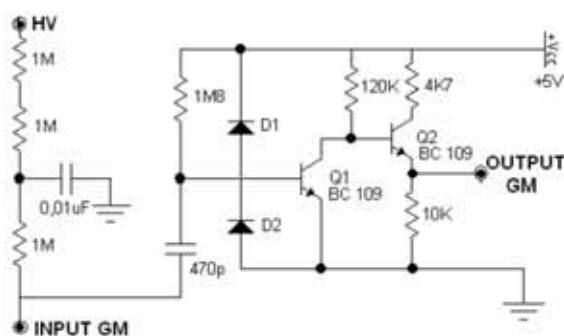
Fungsi dari masing masing bagian antara lain :

1. Detektor radiasi yang dimaksud adalah transduser yang memanfaatkan interaksi radiasi sehingga menimbulkan besaran lain yang mudah dilihat dan atau diukur
2. Tegangan Tinggi (HV) berfungsi sebagai catu daya detektor GM
3. Pembalik Pulsa (INV) sebagai pembalik pulsa keluaran dari detektor GM
4. Pembentuk pulsa berfungsi sebagai pembentuk pulsa yang akan masuk pada rangkaian selanjutnya.
5. Mikrokontroler AT89C52 berfungsi sebagai pengendali (*controller*) pada sistem rangkaian secara keseluruhan.
6. Modul 7 segmen berperan untuk menampilkan informasi berupa data dosis dari hasil pendeteksian oleh sistem pencacah nuklir.
7. *Keypad* berfungsi untuk memasukkan (input) data berupa data angka sebagai batas waktu yang ditentukan.

## TATA KERJA DAN PERCOBAAN

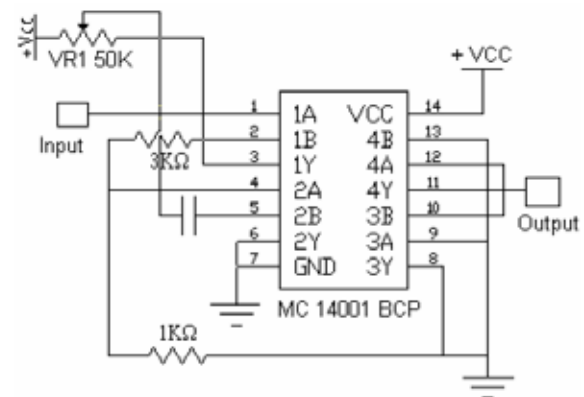
### Rancangan Perangkat Keras

Pada Gambar 2 menunjukkan rangkaian pembalik pulsa (*Inverter*).



Gambar 2. Rangkaian Pembalik Pulsa (*Inverter*)(MODEL DIN 900)

Pada Gambar 2. Rangkaian dengan dua buah transistor merupakan pembalik pulsa GM sebagai pembalik pulsa keluaran pulsa pulsa negatif dari tabung GM menjadi pulsa pulsa positif, yang sesuai untuk memicu rangkaian selanjutnya( buku manual atomitron model din 900).



Gambar 3. Rangkaian Pembentuk Pulsa

### Rangkaian Pembentuk Pulsa

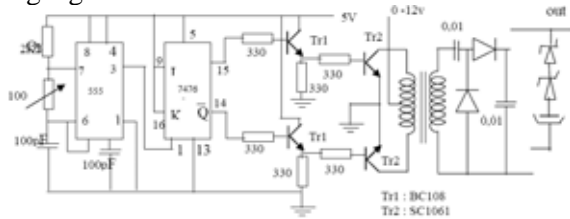
Rangkaian Pembentuk Pulsa berfungsi sebagai penguat dan pembentuk pulsa kotak standar TTL dengan tinggi pulsa 4 volt dan lebar pulsa dapat diatur. Pulsa kotak tersebut selanjutnya dimasukkan kedalam rangkaian pencacah untuk dihitung berapa jumlah pulsa keluaran yang berasal dari keluaran detektor GM. Rangkaian ini menggunakan IC type MC 14001 BCP yang digunakan sebagai pembentuk pulsa dan pengatur lebar pulsa yang dengan bervariasi harga resistensi VR. VR berfungsi pula sebagai pengkalibrasi dengan simulasi pulsa dari pembangkit (generator) pulsa. Gambar .3. menjelaskan rangkaian pembentuk pulsa dengan IC type MC 14001 BCP.

### Rangkaian Penyedia Daya Tegangan Tinggi (*high voltage*)

Rangkaian penyedia tegangan tinggi berfungsi untuk mencatu tegangan detektor Geiger Muller sebesar kurang lebih 950 volt DC. Untuk mendapatkan tegangan tinggi diperoleh dengan cara *DC to DC converter* dari 5 volt DC menjadi 950 volt DC.

Penguat daya disini dipergunakan 2 buah transistor power 2SC1061 yang dikerjakan pada klas B (Push Pull Power Amplifier). Sebagai pengemudi/driver digunakan BC108 yang tersusun secara emiter follower. Sisi primer dari

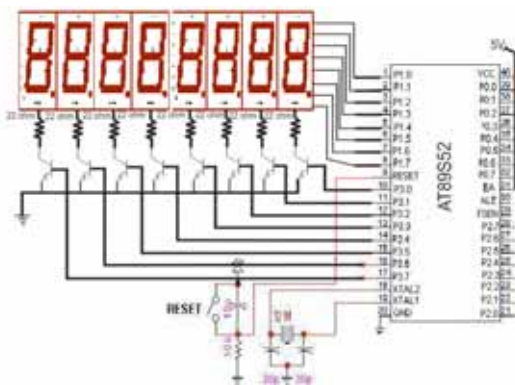
transformator dihubungkan dengan sumber tegangan Vcc.



Gambar 4. Rangkaian Tegangan Tinggi (Petunjuk Pratikum STTN)

### Untai Pengali Tegangan serta Penyearah

Pada untai ini tegangan dikali dua dengan suatu rangkaian “Doubler” dan kemudian disearahkan. Untai ini menggunakan 2 buah dioda tegangan tinggi dan 2 kapasitor. Prinsipnya adalah pengisian dan pengosongan muatan pada kapasitor sehingga keluarannya akan dua kali dari masukannya.



Gambar 5. Modul Mikrokontrol At 89C52 (Atmel .Com)

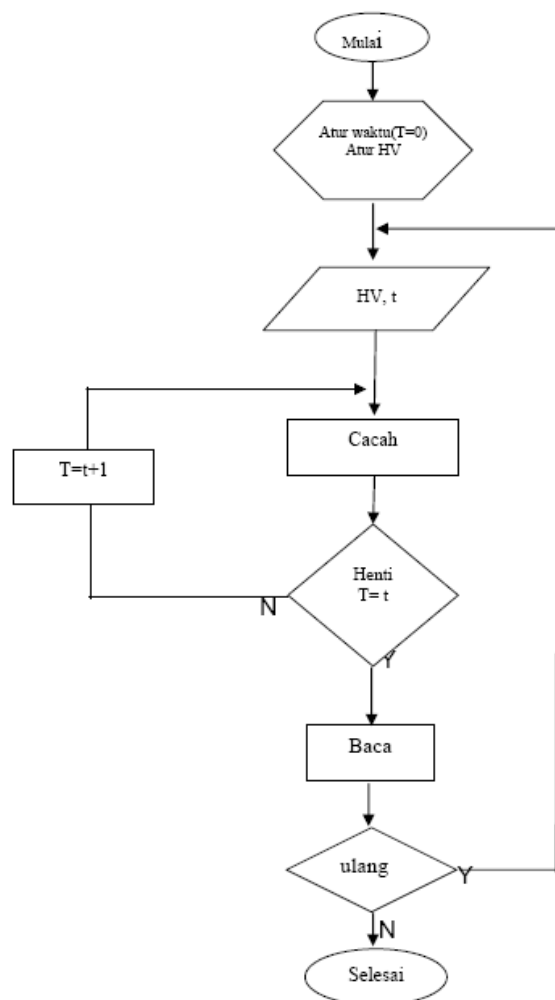
### Mikrokontroler

Perancangan sistem pemrosesan data pada penelitian ini menggunakan IC mikrokontroler AT89C52, untuk dapat memproses data suatu sistem mikrokontroler harus dilengkapi dengan komponen dasar seperti sumber *clock* dan rangkaian *reset*, pada Gambar 5.

Sumber *clock* diperoleh dengan memasang penghasil detak yaitu *crystal* dengan frekuensi detak sebesar 11,0592 MHz dan kapasitor sebesar 30pF yang dihubungkan dengan pin XTAL1 dan XTAL2 dari mikrokontroler. Dengan frekuensi *crystal* tersebut, maka *crystal* tersebut mengeluarkan  $11,0592 \times 10^6$  pulsa per detik. Hal ini berarti dalam 1 detik ada 921600 ( $11,0592 \times 10^6 / 12$ ) *machine cycle*, dengan kata lain satu *machine cycle* memakan waktu 0,92 mikrodetik.

Rangkaian *reset* yang berfungsi untuk mereset program dalam mikrokontroler diperoleh dengan prinsip menghubungkan pin *reset* dari mikrokontroler (pin 9) dengan logika 1 atau 5 volt. Namun pin *reset* tidak langsung dihubungkan dengan 5 volt namun ditambah kapasitor untuk memberikan *reset* pada saat awal mikrokontroler dinyalakan. Dalam penelitian ini rangkaian *reset* juga ditambah tombol *push on* agar user dapat melakukan *reset* secara manual.

Perancangan perangkat lunak untuk operasi alat



Gambar 6. Diagram Alir Tata Cara Operasi Alat

Keterangan Gambar 6 diagram alir :

Pertama operasi, alat hidup setelah alat hidup maka, pada operasi selanjutnya adalah pilih waktu operasi yang ada serta atur tegangan tinggi sesuai dengan tegangan kerja detektor yang dipakai, setelah tegangan kerja sesuai maka lakukan pencacahan, pada saat cacah dilakukan perintah henti atau tidak, jika Y

maka akan dilakukan pembacaan; jika tidak maka terus dilakukan operasi pencacahan sesuai dengan waktu yang ada dalam program. Setelah itu adalah waktu selesai baca hasil, untuk perintah selanjutnya adalah ulang, pada perintah ini jika N, maka operasi berhenti, jika Y berarti akan dilakukan pencacahan ulang maka cacah mulai lagi dari atur waktu untuk operasi selanjutnya.

### Pengujian GM Inverter (Pembalik Pulsa) :

Pada Gambar 7 adalah skema pengujian rangkaian GM Inverter



Gambar 7. Blok Diagram Pengujian Rangkaian GM Inverter

Alat yang digunakan :

1. Pulse Generator Model GFG 8013.
2. Oscilloscope Textronix 30 MHz.
3. Multimeter analog Sanwa.
4. Toolset,

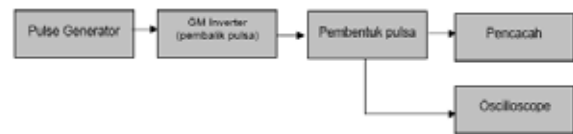
Hasil Pengujian Rangkaian GM Inverter dengan *pulse generator*. Pada pengujian diberikan Pulsa berpolaritas negatip sebagai masukan dengan frekuensi = 1 kHz. hasil dibuat Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Rangkaian Inverter GM

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 positip	Pulsa positip
4	Lebar pulsa keluaran	0,5 – 100 $\mu$ S	Dapat diatur
5	Tinggi pulsa keluaran	5 v	5 v
6	Tegangan noise	$\leq$ 50 mV	40 mV

### Pengujian Pembentuk Pulsa

Pada Gambar 8. ini adalah skema pengujian rangkaian Pembentuk Pulsa



Gambar 8. Blok Diagram Pengujian Rangkaian Pembentuk Pulsa

Alat yang digunakan :

1. Pulse Generator Model GFG 8013 .
2. Oscilloscope Textronix 30 MHz.
3. Multimeter analog Sanwa .
4. Toolset,
5. Pencacah

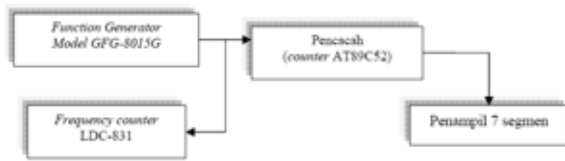
Hasil Pengujian Rangkaian pembentuk pulsa dengan *pulse generator*. Pada pengujian diberikan Pulsa berpolaritas negatip sebagai masukan dengan frekuensi = 1 kHz. hasil dibuat tabel seperti di bawah ini

Tabel 2. Hasil Pengujian Rangkaian Pembentuk Pulsa

NO	Bagian Yang Diuji	Direncanakan	Terukur
1	Bentuk pulsa masukan	Pulsa positip	Pulsa positip
2	Frekuensi pulsa masukan	1 KHz	1 KHz
3	Bentuk pulsa keluaran	Pulsa kotak positip	Pulsa kotak positip
4	Lebar pulsa keluaran	0,5 – 3 mS	dapat diatur
5	Tinggi pulsa keluaran	5 V	5 V
6	Tegangan noise	$\leq$ 50 mV	40 mV

### Pengujian Pencacah dengan *Function Generator*

Untuk mengetahui unjuk kerja alat, maka perlu diadakan pengujian. Pengujian ini dilakukan sebagai suatu tolok ukur, apakah alat yang dibuat sudah dapat bekerja sesuai yang diharapkan. Pada bab ini akan dibahas tentang hasil pengujian dan analisa data. Pengujian dengan *function generator* mencakup uji linieritas terhadap frekuensi

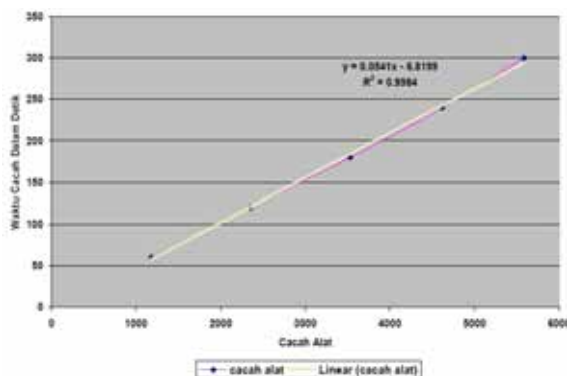


Gambar 9. Skema Pengujian Pencacah 7 Segmen

Hasil pengujian dari pencacah diperoleh dengan frekuensi tertentu serta waktu yang divariasi diperoleh hasil seperti dalam Tabel 3

Tabel 3. Hasil Cacah Dengan Frek yang Berubah

No	Waktu (S)	Frek (Hz)	Cacah teori (cps)	Cacah hasil (cps)
1	60	200	1200	1167
2	120	200	2400	2386
3	180	200	3600	3563
4	240	200	4800	4766
5	300	200	6000	5735
6	360	200	7200	7187



Gambar 10. Grafik Hasil Cacah

## PEMBAHASAN

Alat ini pernah dibuat di PTAPB BATAN Yogyakarta dengan mikrokontroler dan penampil LCD serta tegangan tinggi yang tetap. Pada rancangbangun ini dibuat dengan banyak perubahan antara lain : pada penampil dengan seven segmen sebanyak 8 buah, tegangan tinggi yang dapat diatur sesuai tegangan kerja detektor, sistem pembalik pulsa dengan dua buah transistor, serta pembentuk pulsa yang dapat diatur sesuai kebutuhan, dari perubahan tersebut diharapkan lebih cocok untuk peralatan laboratorium, mudah dioperasikan dan mempunyai keandalan yang tinggi.

Pengujian pada instrument, pengujian ini dilakukan untuk mengetahui alat yang dibuat telah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan,

maka dilakukan pengujian dengan cara statis, pengujian statis dilakukan dengan simulasi *function generator* sebagai masukan dilakukan pada laboratorium elektronika STTN BATAN. Pengujian ini dilakukan tiap bagian yang dibuat agar diperoleh hasil yang diinginkan, pengujian pertama adalah pembalik pulsa, dari hasil pengujian yang dilakukan maka diperoleh hasil yang ditabelkan pada Tabel 2. Dengan memberi pulsa dengan polaritas negatif dianggap sebagai pulsa masukan dari detektor GM. Hasil yang diperoleh dari pembalik pulsa adalah suatu bentuk pulsa dengan polaritas positif yang mempunyai amplitudo 2,8 volt. Catu daya yang dipakai adalah 5 volt DC .

Pengujian Rangkaian Pembentuk Pulsa, rangkaian pembentuk pulsa berfungsi sebagai penguat dan pembentuk pulsa kotak standar TTL dengan tinggi pulsa 5 volt dan dapat diatur sampai dengan 3 ms. Pulsa kotak tersebut selanjutnya dimasukkan kedalam rangkaian pencacah untuk dihitung berapa jumlah pulsa keluaran yang berasal dari keluaran detektor GM. Rangkaian ini menggunakan IC type MC 14001 BCP yang digunakan sebagai pembentuk pulsa dan pengatur lebar pulsa yang dengan bervariasi harga resistensi VR. VR berfungsi pula sebagai pengkalibrasi dengan simulasi pulsa dari pembangkit (generator) pulsa. Gambar 3. menjelaskan rangkaian pembentuk pulsa dengan IC type MC 14001 BCP.

Pengujian penyedia daya tegangan tinggi, pengujian daya tegangan tinggi ini dilakukan berdasarkan waktu dengan tegangan yang tetap, untuk pengamatan tegangan menggunakan volt meter sanwa YX360TRF skala 1000 volt DC, perubahan tegangan tidak tampak pada pengukuran tersebut

Pada untai ini tegangan dikali dua dengan suatu rangkaian “Doublers” dan kemudian disearahkan. Untai ini menggunakan 2 buah dioda tegangan tinggi dan 2 kapasitor. Prinsipnya adalah pengisian dan pengosongan muatan pada kapasitor sehingga keluarannya akan dua kali dari masukannya.

Pengujian pencacah dilakukan dengan *Function generator* GFG 8015G dari pengujian tersebut seperti pada Tabel 2 terdapat penyimpangan antara teori dan hasil yang tidak terlalu signifikan, dari data yang diperoleh perbandingan antara waktu dengan frekuensi diperoleh garis linier  $R= 9984$

## KESIMPULAN

1. Telah dirancang Sistem Pencacah Radiasi sebagai pengukur radiasi beta gamma, merupakan alat bantu dalam bidang proteksi radiasi yang dapat memberikan informasi secara digital..
  2. Alat ini menggunakan tegangan tinggi yang dapat diatur sesuai tegangan GM yang diperlukan.
  3. Dari data cacah yang diperoleh ternyata diperoleh grafik antara cacah dengan waktu memperoleh garis yang linier dengan  $R = 0,9984$
2. Prinsipnya adalah DC to DC converter dari 5 volt DC, sebagai penguat daya digunakan 2 buah transistor power dan dikerjakan pada klas B (push pull power amplifier) dan transistor sebagai driver tersusun secara emiter follower sedang sistem primer dari trafo dihubungkan pada tegangan vcc serta sekunder sebagai keluarannya
  3. IC NE 555 berfungsi sebagai Oscilator

## DAFTAR PUSTAKA

1. AKHADI, MUKHLIS., 2000, *Dasar-Dasar Proteksi Radiasi*, Rieneka Cipta, Jakarta
2. ANONIM, 2007, "Pelatihan Petugas Proteksi Radiasi", STTN BATAN, Yogyakarta
3. ATMEL, 2000, *Flash Microcontroller : Archetectual Overview*, Atmel Inc, USA
4. CEMBER, HERMAN, 1983, *Pengantar Fisika Kesehatan*, Pergomon Press Inc, USA
5. SUSETYO, WISNU., 1988, *Spektrometri Gamma*, Gajahmada University Press, Yogyakarta
6. TRIKASJONO, TOTO, 2007, *Dasar-Dasar Elektronika Digital*, STTN BATAN, Yogyakarta
7. "Undang-Undang Republik Indonesia No 10 Tahun 1997 Tentang Ketenaganukliran"
8. "Buku manual Atomitron Model Din 900 PPBMI BATAN yogyakarta"

## TANYA JAWAB

### Pertanyaan

1. Mengapa alat yang dibuat tanpa amplifier? (Djoko Maryanto-STTN)
2. Pada tegangan tinggi yang dibuat memakai trafo biasa bukan ferit, bagaimana prinsip tegangan tinggi yang dibuat? (Assef Fernando-STTN)
3. Apa fungsi IC NE 555 pada rangkaian tersebut ? (Rudi TS-PTNBR)

### Jawaban

1. Karena alat tersebut menggunakan detektor GM sehingga pulsa keluaran dalam orde

