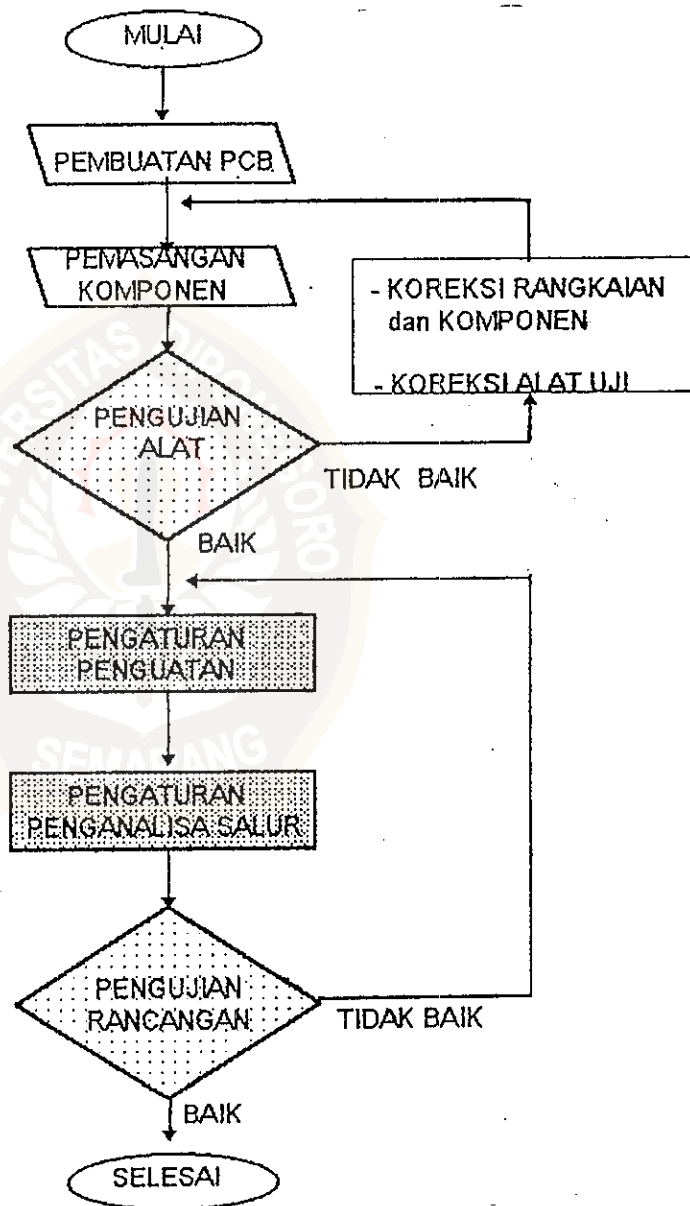


# BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

### III.1. Diagram Alur Prosedur Penelitian.



### III.2 Alat - Alat dan Bahan Yang Dibutuhkan

#### III.2.1 Alat-Alat Yang Dibutuhkan Untuk Pengaturan

1. *Detektor NaI(Tl)* berfungsi untuk mendeteksi zarah radiasi nuklir yang datang untuk dapat diproses ke rangkaian berikutnya.
2. *H V P S (High Voltage Power Suply)* digunakan untuk memberikan suply tegangan tinggi yang diperlukan untuk pengoperasian detektor. Dalam penelitian ini digunakan HVPS ORTEC 556.
3. *Pulser* berfungsi sebagai pembangkit pulsa untuk menggantikan pulsa keluaran detektor, yang digunakan pada saat pengujian alat. Dalam penelitian ini digunakan pulser ORTEC 480.
4. *Penguat Awal (Pre Amplifier)* berfungsi untuk amplifikasi awal terhadap pulsa keluaran detektor, menyesuaikan impedansi antara penguat dan detektor serta menurunkan derau (noise). Dalam penelitian ini digunakan PreAmp DIN 110A.
5. *TSCA (Penganalisa Salur Tunggal)* : karena pulsa yang dihasilkan oleh penguat awal akan bermacam-macam besarnya tergantung dari energi yang datang, maka dengan TSCA ini yang mana terdapat diskriminator yang berfungsi sebagai pengatur pilihan pulsa-pulsa tertentu yang akan dilewatkan. Dalam penelitian ini digunakan TSCA ORTEC 551.

6. *Counter* dan *Timer* berfungsi sebagai alat pencacah yang dapat diatur saat mulai dan berhentinya pencacahan dengan timer. Dalam penelitian ini digunakan Counter/timer ORTEC 871.
7. PCA II (Personal Computer Analyzer II) adalah suatu sistem yang dipakai untuk menganalisa spektrum tenaga unsur radioaktif dengan menggunakan komputer. PCA II ini berbentuk card yang dipasang ke slot komputer. Card PCA II ini menerima input sinyal dari luar yaitu dari penguat pembentuk pulsa dengan tegangan dari 0 Volt sampai 8 Volt.
8. *Osiloskop*, digunakan untuk menampilkan bentuk pulsa dan dapat untuk mengukur tinggi amplitudo pulsa keluaran pada bagian-bagian yang dikehendaki untuk diukur.
9. *Bin Power Modul* berfungsi untuk memberi tegangan rendah DC pada seluruh sistem pencacah.
10. *Multimeter Digital* digunakan untuk mengukur besar resistansi dan tegangan pada saat percobaan pengaturan penguatan dan penentuan tegangan referensi rangkaian penganalisa salur tunggal.

### III.2.2 Bahan - Bahan yang Dibutuhkan Untuk Pengaturan

1. Papan PCB single layer
2. Positif 20
3. Larutan NaOH dan  $\text{FeCl}_2$
4. IC LM 748

5. IC LM 311
6. IC 9602
7. Transistor ( 2N3904, 2N3906, 2N3568, BC160 )
8. Capacitor ( 10  $\mu$ F, 100  $\mu$ F, 0,1  $\mu$ F, 1000 PF, 18 PF, )
9. Resistor ( 4,7 $\Omega$ , 100 $\Omega$ , 390 $\Omega$ , 510 $\Omega$ , 1K $\Omega$ , 1K $\Omega$ , 264K2  
10K $\Omega$ , 2K $\Omega$ , 34K1 $\Omega$ , 47K $\Omega$ , 4K7 $\Omega$ , 15K $\Omega$ , 27K $\Omega$ ,  
39K $\Omega$ , 200 $\Omega$ , 47,7 $\Omega$ , 64,5 $\Omega$ , 5,2 $\Omega$  )
10. Potensiometer ( 1K $\Omega$ , 5K $\Omega$  )
- 11 Solder dan tenol
12. Sumber Cs-137 : Aktivitas mula-mula 9,66  $\mu$ Ci pada tanggal 15 Agustus 1994, waktu paruh 30,0  $\pm$  0,2 tahun, tenaga 662 keV, Yield 84,62 %
13. Sumber Co-57 : Aktivitas mula-mula 8,91  $\mu$ Ci pada tanggal 15 Agustus 1994, waktu paruh 271,77  $\pm$ 0,05 hari, tenaga 122 keV, Yield 85,60 %
14. Sumber Eu-152 : Aktivitas mula-mula 10  $\mu$ Ci pada tanggal 7 Januari 1994, waktu paruh 12,7 tahun, dengan tenaga-tenaga :
 

Tenaga	39,52 KeV, Yield 16,00 %
Tenaga	40,12 KeV, Yield 30,22 %
* Tenaga	121,78 KeV, Yield 33,20 %
Tenaga	344,27 KeV, Yield 31,40 %
Tenaga	778,85 KeV, Yield 15,20 %
Tenaga	964,00 KeV, Yield 17,30 %
Tenaga	1.112,05 KeV, Yield 16,40 %

Tenaga 1.407,92 KeV, Yield 24,30 %

\* Tenaga yang mendekati sama dengan tenaga Co-57.

### III.3. Pembuatan PCB

Pembuatan PCB diawali dengan merancang jalur rangkaian sesuai dengan skema rangkaian dengan menggunakan program SMARTWORK.

Bila rangkaian PCB sudah siap dan telah diteliti kebenarannya, maka rangkaian PCB tersebut siap untuk dibuatkan positip filmnya (klise).

Kemudian Papan PCB siap diproses lebih lanjut dengan menggunakan bahan POSITIP 20, larutan NaOH dan larutan Ferri clorit.

### III.4. Pemasangan Komponen

Pemasangan komponen dimulai dengan mengecek kualitas masing-masing komponen dengan multimeter dan membersihkan kaki-kakinya untuk memudahkan proses penyolderan.

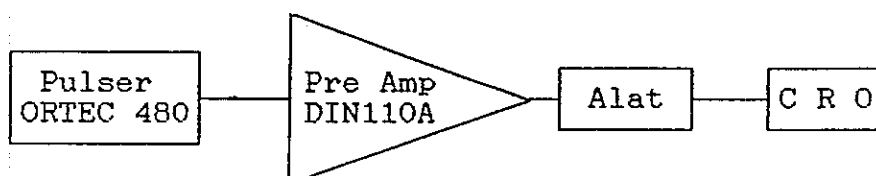
Pemasangan komponen secara bertahap dengan urutan Resistor - kapasitor - Transistor dan terakhir IC.

### III.5. Pengujian Alat

Dalam tahap penelitian ini dimaksudkan untuk menguji keberhasilan pembuatan perangkat penguat dan penganalisa salur (sebagai sarana pengaturan) yang dibuat mengacu pada skema rangkaian manual Gamma Counter, "GAMMATEC II" Model 600B, terbitan Nucleus Inc. 761 Emory Road Oak

Ridge, USA.

Pengujian ini menggunakan sumber sinyal berupa Pulser ORTEC 480 , PreAmp DIN 110A dan osiloskop dengan susunan secara diagram blok sebagai berikut :



Penguatan dari penguat dipasang dengan faktor penguatan 1 kali dengan cara memasang tahanan Rf pada IC OpAmp LM 748 sebesar  $1K\Omega$ .

Keberhasilan pembuatan alat ini diketahui dari melihat bentuk pulsa keluaran dari penguat maupun penganalisa salur dan melihat linieritas antara amplitudo pulsa masukan dan amplitudo pulsa keluaran. Hal ini dilakukan dengan cara melihat tampilan pada layar osiloskop.

Jika pada bagian keluaran tidak menghasilkan pulsa, maka dilakukan pemeriksaan pada tiap bagian komponen ataupun jalur rangkaian PCB, sehingga permasalahan dapat diselesaikan dengan cara mengganti setiap komponen yang dicurigai kualitasnya atau dengan membetulkan jalur rangkaian PCB yang salah.

### III.6. Pengaturan Penguatan

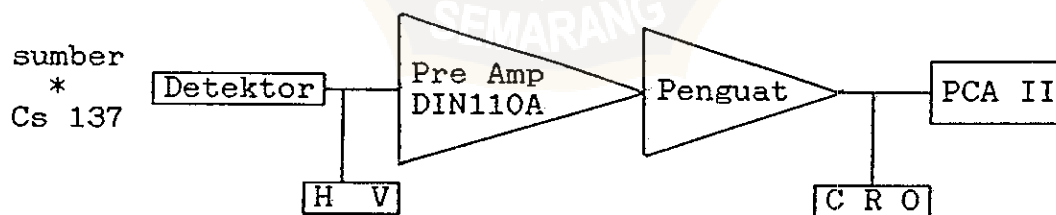
Amplitudo pulsa keluaran dari PreAmplifer untuk masing-masing sumber adalah tidak sama, karena radio-

farmaka Cs-137 mempunyai energi sebesar 662 keV dan Co-57 sebesar 122 keV, yang mengakibatkan photopeak dari masing-masing sumber tersebut terletak pada salur yang berbeda. Tujuan dari pengaturan penguat pencacah sumber radiofarmaka gamma Co-57 ini adalah menentukan besar faktor penguatan yang diperlukan untuk masing-masing sumber (Cs-137 dan Co-57) agar dihasilkan amplitudo pulsa keluaran yang sama, sehingga letak puncak fotolistrik pada satu salur yang sama.

Tampilan Amplitudo pulsa osiloskop menunjukkan letak nomor salur posisi puncak serapan fotolistrik pada penganalisa tinggi pulsa. Tinggi amplitudo maksimum keluaran penguat yang dapat dianalisa oleh penganalisa salur tunggal adalah dibawah 5 Volt, karena tegangan pencatu rangkaian ini hanya sebesar 5 Volt.

### III.6.1 Metode pengaturan

1. Menyusun alat sebagaimana diagram berikut :



2. Meletakkan sumber Cs-137 dengan jarak 30 cm didepan detektor.
3. Mengoperasikan sumber tegangan tinggi (HVPS) pada tegangan 900 Volt. Power Suply untuk mencatu penguat +5 Volt dan - 5 Volt

4. Memasang potensiometer 50 K $\Omega$  pada IC OpAmp LM748 untuk menentukan besarnya penguatan penguat, kemudian memutar potensiometer untuk mendapatkan tinggi Amplitudo terbaik (dibawah 5 Volt) dengan melihat tampilan pada layar osiloskop.
5. Menentukan letak photopeak (daerah puncak fotolis-trik) dengan menggunakan PCA II. Mengatur preset time 300 sekon, Gain 2048 dan display 1024 kanal.
6. Melepas potensiometer dan mengukur besar nilai re-sistansi dengan menggunakan multimeter digital untuk menentukan besar resistor penggantinya.
7. Mengganti sumber dengan Co-57 dan memasang potensio-meter 300K $\Omega$  pada IC OpAmp LM 748.
8. Dengan memutar potensiometer (mengatur besar penguat-an) untuk mendapatkan amplitudo pulsa tepat sama dengan Amplitudo pulsa Cs-137 dengan melihat tampilan pada layar osiloskop.
9. Mengganti potensiometer dengan Resistor setelah me-mentukan besarnya resistansi dari potensiometer.
10. Selanjutnya pulsa keluaran penguat dianalisa dengan PCAII untuk menentukan ketepatan letak photopeak dari masing-masing sumber agar berada pada salur yang sama.

### III.7. Pengaturan Penganalisa Salur

Tujuan utama pengaturan pada bagian ini adalah me-  
nentukan posisi LLD ( Low Level Diskriminator ) dan posi-



si ULD ( Uper Level Diskriminator ) dengan cara mengatur tegangan referensi pada IC LM 311 untuk LLD dan tegangan referensi pada IC LM 311 untuk ULD.

Tegangan referensi yang dilewatkan pada pin nomor 3 IC LM 311 adalah memberikan batasan ambang pulsa yang diijinkan lewat pada bagian ini.

Pada pengaturan pencacah sumber radiofarmaka Gamma ini dipakai sebagai unsur kalibrasi adalah Cs-137, dan sebagai unsur pilihan yang diselidiki adalah Radiofarmaka Co-57.

### III.7.1. Hipotesa Rancangan Penganalisa Salur

Sumber Radionuklida Cs-137 dipilih sebagai unsur kalibrasi karena :

- i. Mempunyai waktu paruh yang relatif lebih lama daripada Co-57
- ii. Yield sumber Cs-137 dan Co-57 hampir sama.

Dari hal diatas sebagai acuan adalah daerah puncak serapan fotolistrik sumber Cs-137, dengan menaikkan amplitudo pulsa Co-57 diharapkan tidak merubah luas daerah puncak serapan fotolistrik sumber Co-57.

Dengan adanya beda koefisien serap detektor NaI(Tl) terhadap sumber Cs-137 dan sumber Co-57 menyebabkan adanya beda hasil pencacahan pada tampilan counter pada saat kedua sumber mempunyai aktifitas yang sama.

Prinsip dasar pengaturan alat pencacah radiofarmaka gamma ini adalah bahwa untuk setiap dimasukkan sumber

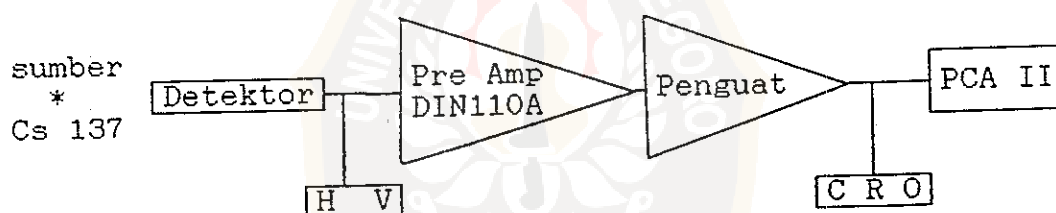
Cs-137 maupun Co-57 yang beraktivitas sama, akan dihasikan pencacahan yang sama pula.

Dengan mempersempit lebar jendela Co-57 diharapkan akan terpenuhi kondisi diatas (karena koefisien serap detektor NaI(Tl) pada terjadinya peristiwa efek fotolistrik terhadap sumber Co-57 relatif lebih besar daripada terhadap sumber Cs-137).

### III.7.2. Metode pengaturan Penganalisa Salur

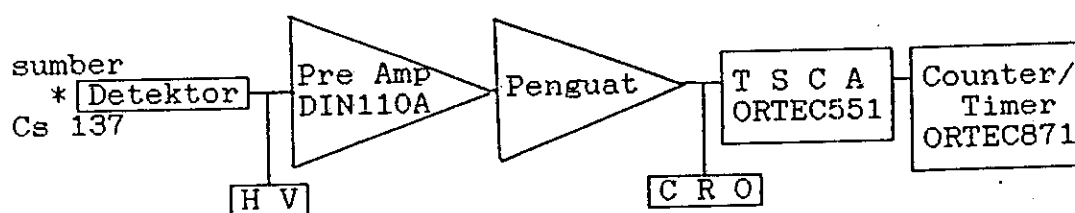
#### A. Rancangan Jendela sumber Cs-137

1. Meneliti lebar dan letak daerah puncak serapan fotolistrik sumber Cs-137 menggunakan PCA II dengan menyusun alat sebagaimana diagram berikut :



PCA II diset pada pencacahan selama 300 detik dengan mengatur preset time : 300, Gain 2048 dan display : 1024 kanal.

2. Mengganti susunan alat sebagaimana diagram berikut:



3. Mencacah sumber Cs-137 dengan cara mengeset letak LLD dan ULD sesuai dengan posisi spektrum pada layar PCA II dengan perhitungan :

$$C = \frac{K}{G} \times V \quad (3.1)$$

Dimana :

C = Posisi kanal yang setara dengan TSCA.

K = Nomor kanal pada spektrum PCAII.

G = Gain PCAII.

V = Amplitudo maksimum pulsa yang diterima PCAII.

selama waktu pencacahan 300 detik.

#### B. Rancangan Jendela sumber Co-57

1. Menentukan aktivitas sumber Cs-137 dan Co-57 dengan menggunakan persamaan (2.2) :

$$A_t = A_o e^{-\lambda t}$$

atau

$$A_t = A_o e^{-\frac{0,693 t}{t_{1/2}}} \quad (3.2)$$

2. Menghitung jumlah cacah Cs-137 pada saat aktivitasnya sama dengan aktivitas sumber Co-57 dengan menggunakan persamaan :

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{A_1}{A_2} \quad (3.3)$$

atau

$$N_1 = \frac{A_1}{A_2} N_2 \quad (3.4)$$

dimana :

$N_1$  = Jumlah cacah Cs-137 pada saat aktivitasnya sama dengan aktivitas Co-57.

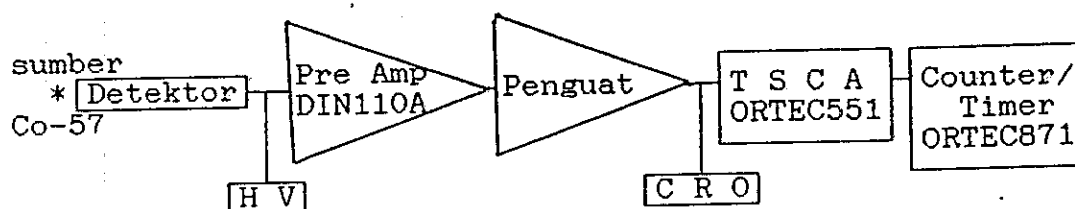
$N_2$  = Jumlah cacah Cs-137 yang tersedia di PPNY (diketahui dari hasil penelitian sebelumnya).

$A_1$  = Aktivitas Cs-137 pada saat aktivitasnya sama dengan aktivitas Co-57.

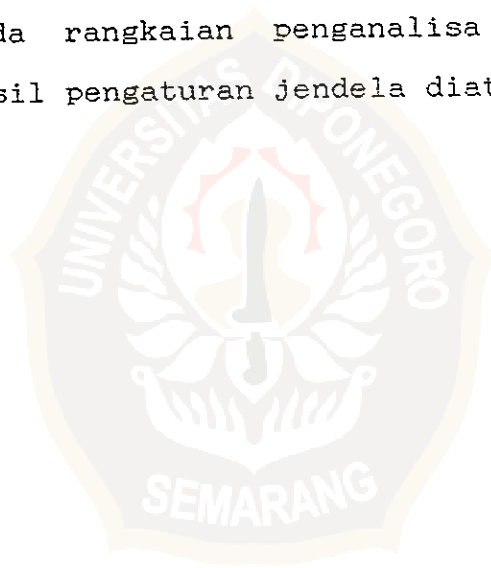
$A_2$  = Aktivitas sumber Cs-137 yang tersedia di PPNY.

Karena adanya koefisien serap NaI(Tl) yang berbeda terhadap Co-57 dan Cs-137 (karena energinya berbeda), yaitu terhadap Co-57 lebih besar daripada terhadap Cs-137. Maka agar didapatkan peristiwa efek fotolistrik yang diserap Co-57 sama dengan Cs-137, dengan mempersempit lebar jendela saat untuk pencacahan Co-57 didapatkan hasil cacah yang sama.

3. Menyusun alat sebagaimana diagram berikut:

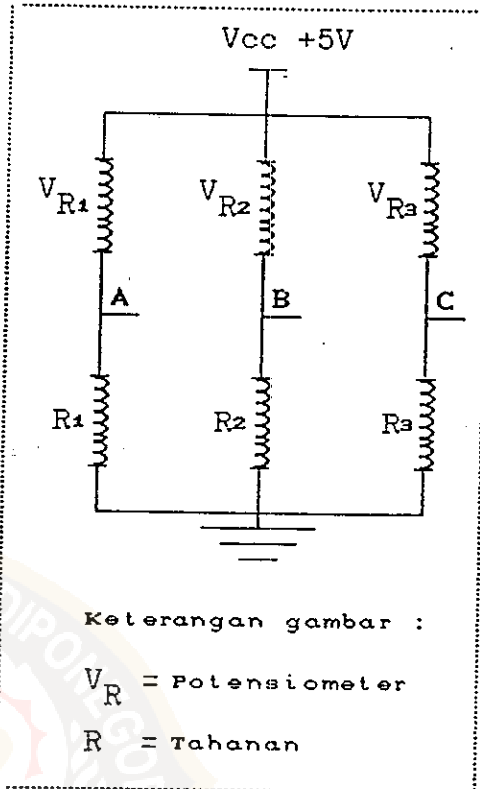


4. Mengeset lebar jendela penganalisa salur untuk mencacah Co-57 agar didapatkan jumlah pencacahan sebanyak jumlah cacah Cs-137 pada saat aktivitasnya sama dengan Co-57 tersebut ( $N_2$ ), dengan cara :
  - i. Menempatkan potensiometer ULD TSCA ORTEC 551 sama dengan posisi ULD saat mencacah Cs-137.
  - ii. Menggeser-geser potensiometer LLD TSCA ORTEC 551 sedemikian hingga didapatkan jumlah pencacahan sebanyak  $N_2$ , selama waktu pencacahan 300 detik.
5. Memasang tegangan referensi untuk IC komparator LM311 pada rangkaian penganalisa salur, sesuai dengan hasil pengaturan jendela diatas.



### III.7.3. Pengesetan Tegangan Referensi

1. Memasang Tahanan untuk rangkaian pembagi tegangan terhadap ground ( $R_1, R_2$  dan  $R_3$ ), masing - masing sebesar  $470 \Omega$ ,  $300 \Omega$  dan  $220 \Omega$  (secara bebas dengan batas maksimum  $1K\Omega$ ).
2. Memasang potensiometer  $1K\Omega$  pada ujung-ujung lain yang menghubungkan terhadap  $V_{cc} +5V$  pada ketiga titik tersebut ( $V_{R1}$ ,  $V_{R2}$  dan  $V_{R3}$ ).
3. Memasang Voltmeter/ osciloskop pada ketiga titik pembagi tegangan.
4. Memutar ketiga potensiometer hingga didapatkan tegangan yang dikehendaki dengan melihat penunjukan voltmeter/osiloskop.
5. Mengganti potensiometer-potensiometer ( $V_{R1}$ ,  $V_{R2}$  dan  $V_{R3}$ ) dengan tahanan tetap.



### III.8. Pengujian Rancangan

Dalam tahap pengujian ini dimaksudkan untuk menguji tingkat keberhasilan rancangan untuk mencacah sumber

Co-57 yang lain. Sumber tersebut dianggap belum diketahui aktivitasnya.

Di PPNY BATAN hanya tersedia 1 buah sumber Co-57 yang memungkinkan untuk dicacah, sehingga sumber Co-57 tersebut ditunggu sampai aktivitasnya berubah (meluruh) untuk digunakan sebagai sumber uji. Penulis juga mencoba menggunakan sumber uji lain yang tersedia, yaitu Eu-152 melalui hipotesa pengujian sebagai berikut :

Sumber Eu-152 merupakan sumber multigamma yang salah satu puncaknya adalah mempunyai tenaga yang mendekati sama dengan tenaga Co-57 yaitu sebesar 121,78 KeV <sup>(4)</sup> untuk Yield sebesar 33,20 %. Sedangkan sumber Co-57 bertenaga 122KeV dengan Yield 85,60%.

Dua sumber radioaktif akan mempunyai (menghasilkan) jumlah cacah yang sama jika kedua sumber tersebut mempunyai aktivitas dan Yield yang sama (tentu saja pada kondisi pencacahan yang sama pula).

Jumlah cacah Co-57 akan didapat dengan mencacah Eu-152 dengan anggapan bahwa kedua syarat (hipotesa) diatas terpenuhi, dengan perhitungan :

$$N_1 = \frac{Y_1}{Y_2} \times N_2 \quad (3.5)$$

Dimana :

$N_1$  = Cacah Co-57 saat aktivitasnya sama dengan aktivitas Eu-152

$N_2$  = Cacah Eu-152

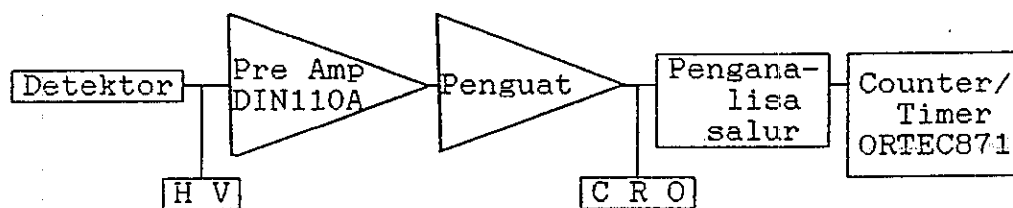
$Y_1$  = Yield Co-57

$Y_2$  = Yield Eu-152

### III.8.1. Metode Pengujian

#### III.8.1.a. Pencacahan Radiasi Latar (background)

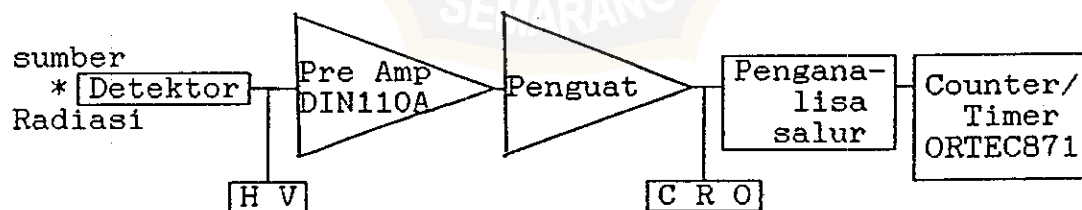
1. Menyusun alat seperti diagram berikut :



2. manjauhkan semua sumber Radionuklida dari alat.
3. Mengoperasikan alat selama 300 detik untuk masing - masing tombol pilihan (switch) dan mencatat jumlah cacahnya.

#### III.8.1.b. Pencacahan Sumber Radiasi

1. Menyusun alat sebagaimana diagram berikut :



2. Menempatkan tombol pilihan penguat dan penganalisa salur pada pilihan Cs-137 dan meletakkan sumber Cs-137 di depan detektor, kemudian mencatat waktu pencacahan pada 10.000 cacah.



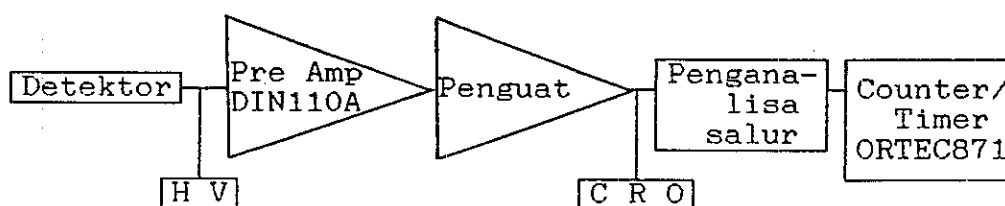
$Y_1$  = Yield Co-57

$Y_2$  = Yield Eu-152

### III.8.1. Metode Pengujian

#### III.8.1.a. Pencacahan Radiasi Latar (background)

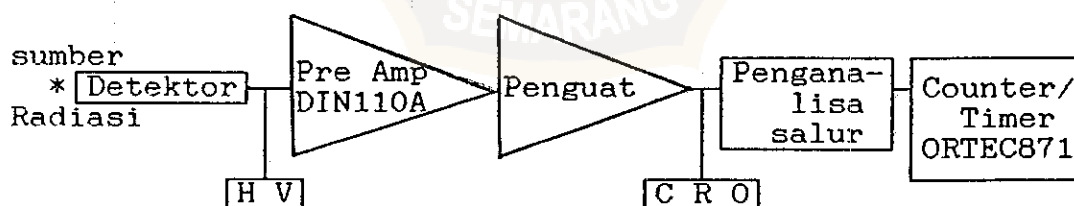
1. Menyusun alat seperti diagram berikut :



2. manjauhkan semua sumber Radionuklida dari alat.
3. Mengoperasikan alat selama 300 detik untuk masing - masing tombol pilihan (switch) dan mencatat jumlah cacahnya.

#### III.8.1.b. Pencacahan Sumber Radiasi

1. Menyusun alat sebagaimana diagram berikut :



2. Menempatkan tombol pilihan penguat dan penganalisa salur pada pilihan Cs-137 dan meletakkan sumber Cs-137 di depan detektor, kemudian mencatat waktu pencacahan pada 10.000 cacah.

3. Memindah switch (tombol pilihan) penguat dan penganalisa salur pada Co-57.
4. Mencacah sumber - sumber Co-57, Eu-152<sub>A</sub> dan Eu-152<sub>B</sub> secara bergantian sebanyak 10.000 cacah dan mencatat waktunya.

