

BAB III

METODA PENELITIAN

3.1. Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Maju-Badan Tenaga Nuklir Nasional (PPPTM-BATAN) di Yogyakarta, dengan bahan dan peralatan yang telah tersedia di Laboratorium Bidang Akselerator.

3.2. Bahan dan Alat

3.2.1. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan detektor sinar-X jenis proporsional tipe jendela samping adalah sebagai berikut:

- (a) *pipa stainless steel* dengan diameter 24,2 mm dan panjang 100 mm berfungsi sebagai katoda karena merupakan konduktor listrik yang bagus.
- (b) *kawat tungsten* dengan diameter 0,08 mm dipilih sebagai anoda karena sifatnya yang mudah melekat pada kaca dan mempunyai titik didih yang tinggi (5930°C), karena anoda merupakan tempat sasaran penembakan elektron (*electron bombardment*), yang akan melepaskan panas.
- (c) *kaca* dengan tebal 2 mm dan berfungsi sebagai isolator antara anoda dan katoda serta berfungsi sebagai dudukan anoda.
- (d) *gas argon dan metana (P-5)* yang berfungsi sebagai gas isian detektor dengan komposisi 95% gas argon dan 5% gas metana, gas argon sebagai gas mulia yang mempunyai elektron penuh dan gas metana sebagai gas pemudur (*quenching gas*).

(e) *berilium* dengan tebal 0,13 mm yang berfungsi sebagai jendela yang terletak di samping detektor, dipilih berilium karena unsur ini mudah melepaskan elektron karena energi ikat elektronnya relatif kecil yaitu 9,32 eV (Kaplan, 1964).

(f) *lem araldite jenis fast setting* yang berfungsi sebagai perekat komponen-komponen (katoda, anoda, jendela dan isolator) pada saat perakitan detektor.

(g) *sabun, alkohol dan air* yang digunakan untuk mencuci komponen-komponen detektor sebelum dirakit.

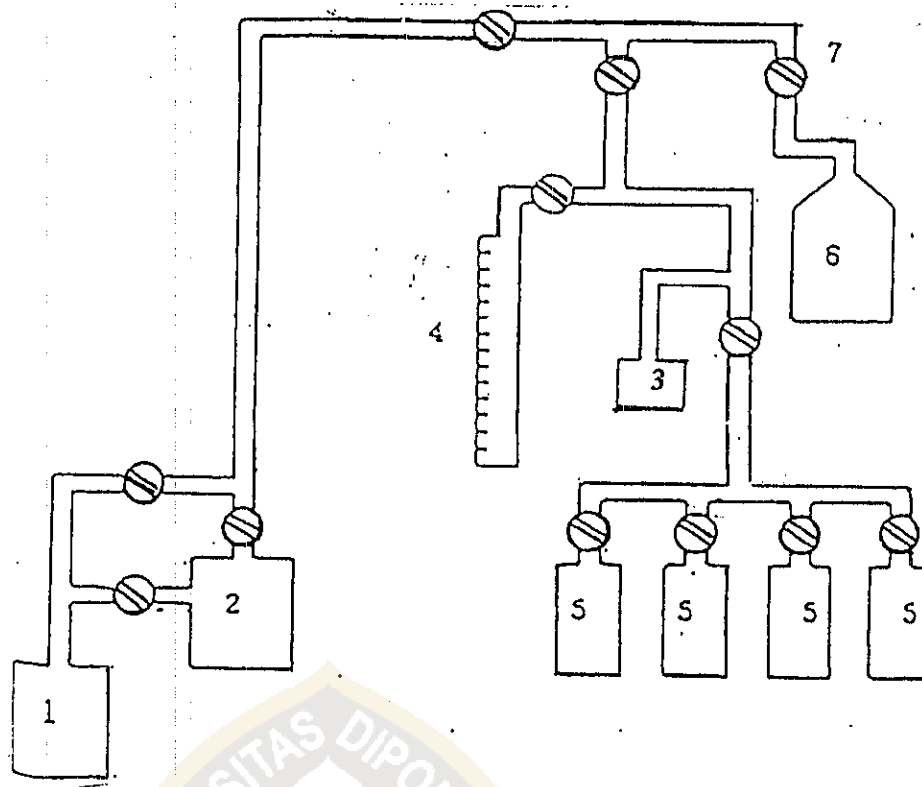
3.2.2. Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

(a) *peralatan pembuat tabung* yang digunakan pada proses pembuatan tabung detektor dari proses persiapan sampai pada proses perakitan detektor.

(b) *alat cuci ultrasonik (ultrasonic cleaner)* yang terbuat dari bahan *stainless steel* dan berbentuk seperti bak kecil yang digunakan pada proses pencucian komponen detektor sebelum dirakit.

(c) *sistem penghampa dan pengisi gas* yang digunakan pada proses penghampaan gas dan kemudian pengisian gas argon dan metana ke dalam tabung detektor. Sistem penghampa yang digunakan EDWARDS Vacuum Pump Type RD-4 Nr. 0847913. Sistem penghampa dan pengisi gas ditunjukkan pada gambar (3.1) berikut:

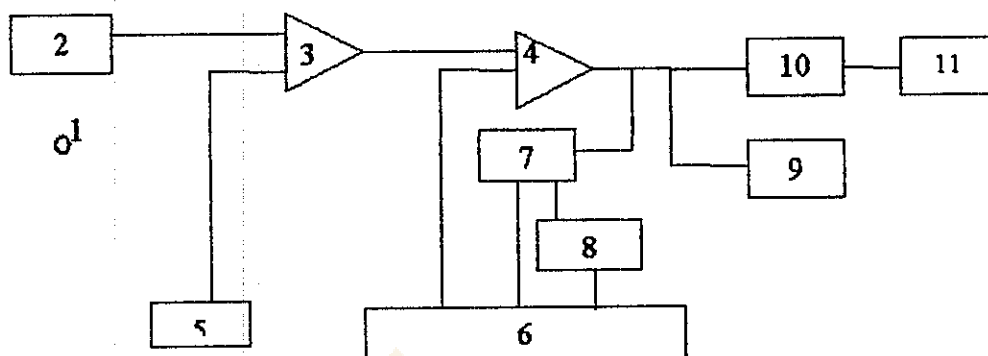


Gambar 3.1. Sistem Penghampa dan Pengisi Gas

Keterangan gambar :

1. Pompa rotari (tekanan maksimum yang bisa diperoleh 10^{-3} mbar)
2. Pompa difusi (tekanan maksimum yang bisa diperoleh 10^{-5} mbar)
3. Alat ukur vakum (Dynavac CG8)
4. Manometer air raksa
5. Tabung detektor
6. Tabung gas argon dan metana
7. Kran

(d) *sistem uji detektor* yang digunakan setelah proses pengisian gas detektor selesai dan peralatan ini berfungsi untuk mengetahui karakteristik detektor. Susunan sistem peralatan penguji karakteristik detektor secara skematis ditunjukkan pada gambar (3.2) berikut:



Gambar 3.2. Skema Rangkaian Penguji Detektor

Keterangan :

1. sumber radiasi
2. detektor
3. preamplifier (penguat awal)
4. amplifier (penguat utama)
5. sumber tegangan tinggi (HV)
6. sumber tegangan rendah
7. counter (pencacah)
8. timer (pengala)
9. osiloskop
10. Multi Channel Analyzer (Acquspec)
11. printer

Fungsi peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. *sumber radiasi*. Sumber radiasi yang digunakan adalah Fe^{55} dengan waktu paruh 2,7 tahun (Agarwal, 1991) dan aktivitas 1 μCi . Sumber ini berfungsi sebagai sumber standar untuk pengujian detektor yang dibuat.
- b. *detektor*. Detektor yang diuji adalah detektor hasil rakitan sendiri. Detektor ini berfungsi sebagai transduser yang mengubah tenaga radiasi menjadi sinyal listrik.
- c. *pre-amplifier (penguat awal)*. Pre-amplifier yang digunakan adalah ORTEC 142 PC. Alat ini mempunyai beberapa fungsi (Susetyo, 1988), yaitu: melakukan penguatan awal terhadap pulsa keluaran detektor, mencocokkan impedansi keluaran detektor dengan perangkat sistem pengujian dan mengadakan perubahan muatan menjadi tegangan pada pulsa keluaran detektor.
- d. *amplifier*. Amplifier yang digunakan yaitu ORTEC 571. Alat ini berfungsi untuk mempertinggi pulsa yang dihasilkan pre-amplifier (Susetyo, 1988).
- e. *sumber tegangan tinggi*. Sumber tegangan tinggi yang digunakan yaitu ORTEC 456. Sumber tegangan tinggi yang digunakan mempunyai jangkauan (range) tegangan antara nol sampai 3000 volt.
- f. *sumber tegangan rendah*. Sumber tegangan rendah yang digunakan yaitu ORTEC 402 M. Penyedia daya tegangan rendah diperlukan untuk mencatu daya pada amplifier, timer dan counter.
- g. *counter (pencacah)*. Counter yang digunakan yaitu ORTEC 775. Counter berfungsi sebagai alat untuk mencacah pulsa keluaran detektor.
- h. *timer (pengala)*. Timer yang digunakan yaitu ORTEC model 719. Timer berfungsi sebagai pembatas waktu pencacahan pulsa keluaran detektor.

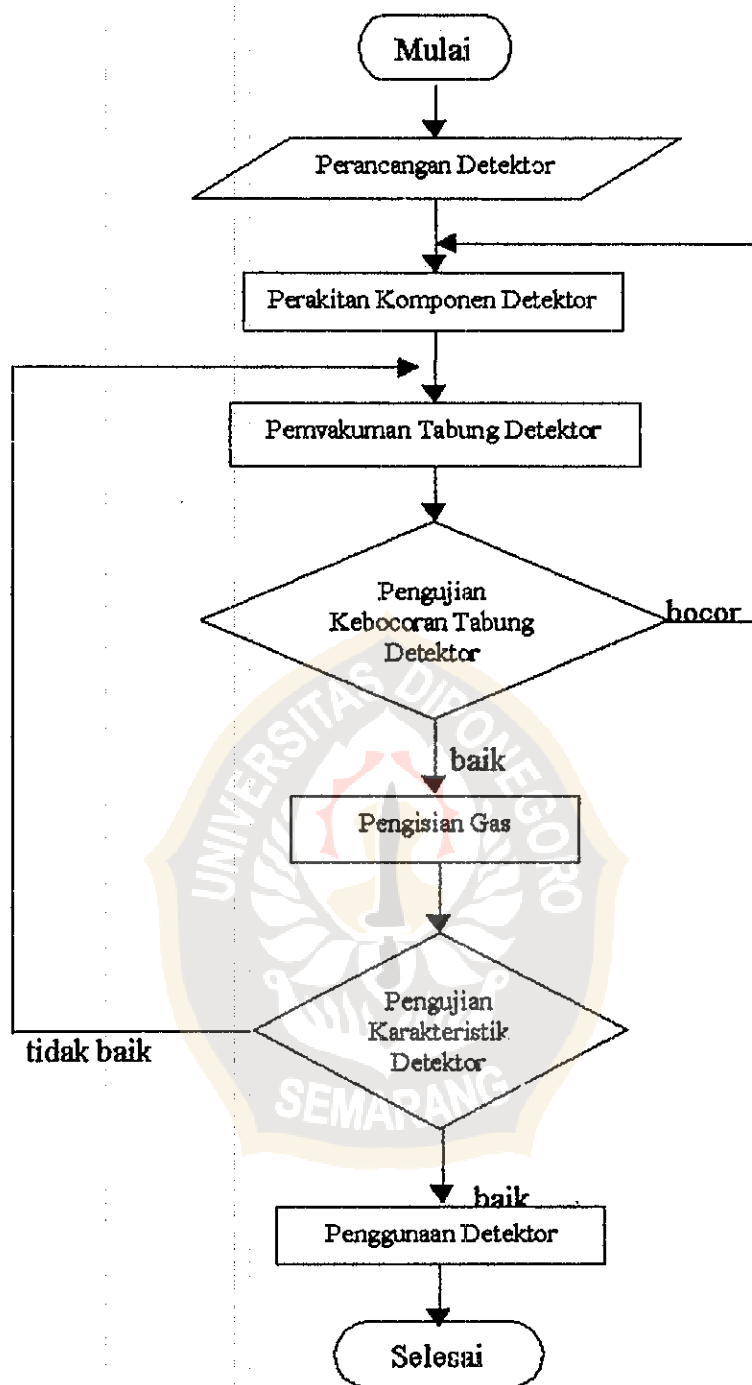
- i. osiloskop.* Osiloskop yang digunakan yaitu Kenwood 100 MHz Cs-2110. Osiloskop berfungsi sebagai penampil pulsa keluaran detektor.
- j. MCA (acquspec).* Penganalisa pulsa yang digunakan untuk mengetahui resolusi energi digunakan alat yang disebut acquspec. Acquspec merupakan MCA generasi ketiga yang dikemas dalam suatu board yang dapat dipasang dalam komputer. Seluruh pengoperasian MCA menggunakan keyboard komputer. Keuntungan yang didapat dengan menggunakan komputer ini selain faktor ekonomis juga dalam bidang penanganan data hasil pengukuran dan dapat disimpan dalam disket maupun hard disk. Prinsip kerja acquspec sama dengan prinsip kerja MCA.

Bagian yang terpenting dari acquspec adalah sistem ADC (*Analog to Digital Converter*) yang berfungsi sebagai pengubah amplitudo pulsa ke dalam nomor kanal. Jumlah pulsa yang terjadi direkam dan diidentifikasi sebagai jumlah cacah pada tiap kanal. Pada prinsipnya MCA atau acquspec adalah merupakan SCA (*Single Channel Analyzer*) yang dipasang secara paralel dengan masing-masing lebar window yang sama. Untuk mewujudkan SCA yang paralel tersebut digunakan ADC.

- k. printer.* Alat ini digunakan untuk mencetak hasil pengukuran yang dilakukan oleh MCA atau acquspec.

3.3. Alur Penelitian

Secara garis besar alur penelitian ini dapat digambarkan dalam diagram alir pada gambar (3.3) berikut:

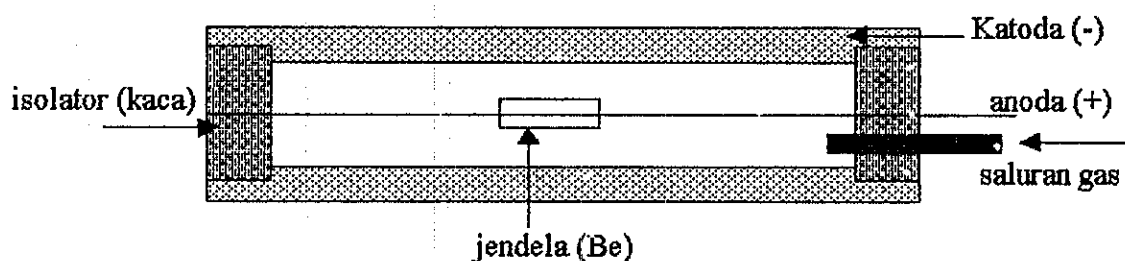


Gambar 3.3. Diagram Alir Tata Kerja

3.4. Prosedur Penelitian

3.4.1. Rancangan Detektor

Rancangan detektor telah ada pada pembuatan detektor sebelumnya. Detektor yang dibuat berbentuk silinder dengan skema seperti pada gambar (3.4) berikut :



Gambar 3.4. Skema Detektor

Detektor yang dirancang diharapkan memiliki daerah plato ≥ 100 volt, slope $(0,1-1)\% / 100$ volt, resolusi energi $\leq 10\%$ dan efisiensi $\geq 10\%$.

3.4.2. Perakitan komponen detektor

Tabung detektor terdiri dari beberapa komponen, yaitu katoda, anoda, isolator dan jendela. Katoda dibuat dari tabung *stainless steel*. Tabung *stainless steel* dengan diameter 24,2 mm dipotong dengan panjang 100 mm. Pada samping tabung dibuat lubang dengan ukuran 10 x 20 mm sebagai tempat jendela.

Proses selanjutnya adalah pembuatan isolator dari bahan kaca setebal 2 mm. Kaca tersebut dibor dengan diameter 23,1 mm sebanyak dua buah. Kedua kaca tersebut kemudian dibor dengan diameter 1 mm pada pusat lingkaran sebagai dudukan anoda. Salah satu kaca tersebut dibor lagi dengan diameter 3 mm sebagai tempat pipa saluran

gas. Langkah selanjutnya adalah memotong berilium dengan ukuran 12 x 24 mm sebagai jendela.

Bila seluruh komponen detektor telah siap maka langkah selanjutnya adalah pencucian komponen tersebut. Tabung stainless steel, kaca, dan pipa saluran gas dicuci dengan air sabun selama 30 menit dalam alat cuci ultrasonik. Pencucian berikutnya adalah dengan mengganti air sabun dengan alkohol selama 30 menit. Proses pembuatan tabung detektor selanjutnya adalah perakitan komponen detektor. Proses perakitan komponen detektor tersebut dengan cara dilem. Lem yang digunakan adalah lem araldite jenis fast setting. Komponen-komponen yang telah dibersihkan tersebut kemudian dirakit seperti gambar 3.4.

3.4.3. Proses penghampaan gas

Pengoperasian sistem penghampa (vakum) yang pertama yaitu tabung detektor dirangkai pada sistem penghampa seperti pada gambar 3.1. Selanjutnya pompa rotari dihidupkan dan kran pompa rotari ke sistem penghampa dan kran-kran yang terdapat pada sistem penghampa dibuka. Sistem penghampa dimatikan jika pada alat ukur vakum sudah menunjukkan tekanan sampai orde 10^{-3} mbar.

3.4.4. Pengujian kebocoran tabung detektor

Setelah sistem penghampa dimatikan maka proses selanjutnya adalah pengujian kebocoran tabung detektor. Dengan menggunakan alat uji kebocoran vakum dicek kebocoran pada tabung detektor dan sistem penghampa. Jika tidak ditemukan kebocoran pada tabung detektor atau sistem penghampa, pompa rotari bisa dihidupkan kembali.

3.4.5. Proses pengisian gas

Jika tekanan 10^{-3} mbar sudah tercapai, maka kran ke pompa difusi dibuka kemudian pompa difusi dihidupkan. Jika pada alat ukur vakum sudah menunjukkan tekanan 10^{-5} mbar, maka pompa difusi dimatikan dan kran yang berhubungan dengan sistem penghampa ditutup dan tabung detektor siap diisi gas isian. Kran tabung gas isian pada gambar 3.1. dibuka sambil mengamati manometer air raksa. Pengisian gas ke dalam tabung detektor dihentikan bila tekanan pada manometer air raksa menunjukkan tekanan 400 mmHg.

Pengujian terhadap kemampuan detektor untuk melakukan deteksi zarah radiasi dilakukan bila pengisian gas telah selesai. Hal yang harus dimiliki detektor dalam pengujian ini adalah plato dan slope yang baik. Jika detektor tidak mempunyai plato dan slope yang baik, maka proses penghampaan dan pengisian gas harus diulang. Jika sudah mempunyai plato dan slope yang baik maka detektor bisa diputuskan dari sistem penghampa dan dilakukan pengujian karakteristik detektor selanjutnya.

3.4.6. Pengujian karakteristik detektor

Pengujian detektor dilakukan untuk mengetahui karakteristik detektor. Karakteristik detektor tersebut adalah beberapa besaran seperti panjang plato, slope, efisiensi dan resolusi tenaga.

Prinsip kerja sistem pada gambar 3.2. dapat dijelaskan secara garis besar sebagai berikut: yang pertama adanya interaksi radiasi dengan bahan atau medium aktif detektor akan menimbulkan gejala listrik yang keluarannya berupa pulsa atau sinyal listrik. Sinyal atau pulsa tersebut agar dapat diukur perlu dilakukan pengolahan, penyesuaian,

penguatan dan pembentukan pada bagian pemroses sinyal yaitu pada pre-amplifier (penguat awal) dan amplifier (penguat utama).

Keluaran sinyal dari penguat dianalisa pada unit MCA. MCA dapat dihubungkan dengan perangkat keras (*hardware*) komputer dan untuk penganalisaan dipergunakan perangkat lunak (*software*) komputer. Unit komputer ini digunakan untuk mengontrol, menganalisa, menampilkan dan merekam data hasil sistem pendeteksian nuklir.

3.5. Metoda Analisis

Ada beberapa tahapan penelitian yang harus dilakukan untuk memperoleh besaran-besaran seperti panjang plato, *slope*, efisiensi dan resolusi energi. Proses karakterisasi yang dilakukan adalah untuk memperoleh daerah plato yang panjang, *slope* yang kecil, efisiensi yang tinggi dan resolusi energi yang kecil.

3.5.1. Pengukuran panjang plato dan *slope* detektor

Tata cara pengukuran panjang plato dan *slope* detektor adalah merangkai peralatan uji detektor seperti pada gambar 3.2. Timer (pengala) diatur untuk selang waktu tertentu. Selanjutnya tegangan dari sumber tegangan tinggi dinaikkan perlahan-lahan sampai timbul cacah pada counter. Kemudian tegangan dinaikkan dengan penambahan 25 volt dan dicatat jumlah cacah per satuan waktu tiap kenaikan tegangan, pengukuran dilakukan sebanyak dua kali.

Penambahan tegangan dihentikan bila sudah terjadi lonjakan jumlah cacah per satuan waktu. Dari data yang diperoleh dibuat grafik hubungan tegangan dengan jumlah

cacah. Dengan grafik tersebut dapat diketahui tegangan ambang, panjang daerah plato dan *slope* detektor.

3.5.2. Pengukuran resolusi energi

Tata kerja pengukuran resolusi energi adalah sebagai merangkai sistem peralatan seperti pada gambar 3.2. Selanjutnya sumber tegangan diatur pada daerah tegangan operasi detektor, yaitu 2250 volt. Kemudian sumber Fe^{55} diletakkan di samping detektor dengan jarak 0 mm. Waktu pencacahan pada MCA (acqspec) diatur selama 1 jam (60 menit).

Apabila pencacahan telah selesai, maka langkah selanjutnya adalah mencetak hasil tersebut. Spektrum yang dihasilkan tersebut kemudian dianalisis untuk dihitung resolusi energinya.

