

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Peralatan dan Bahan

3.1.1. Peralatan

Peralatan yang dipergunakan meliputi peralatan penyiapan bahan, peralatan analisis kimia dan peralatan pencacahan.

a. Perangkat penyiapan bahan :

1. Penggoreng dari tanah liat (wajan)
2. Kompor gas
3. Tungku pengabuan (furnace) dengan kemampuan pemanasan sampai dengan 800° C.
4. Cawan porselen.
5. Penyaring abu dengan porositas 0,125 mm.

b. Perangkat analisis bahan :

1. Alat-alat gelas : tabung reaksi, gelas ukur, mikro pipet, pipet, erlenmeyer, dan pengaduk.
2. Pemutar tabung reaksi (centrifuge)
3. Pompa vakum.
4. Kertas saring whatman 41 dan 42.
5. Kertas ph meter.

c. Perangkat pencacahan :

1. Pencacah latar belakang rendah (LBC) model 2201 buatan Canberra.

2. Spektrometer Gamma
3. Planset.
4. Vial dan perekat araldit.

3.1.2. Bahan-bahan

Bahan-bahan yang diperlukan adalah sayur-sayuran yang dijadikan obyek penelitian dan bahan-bahan kimia untuk analisis. Sayur-sayuran tersebut adalah bayam, buncis, cabai, kacang panjang dan kol. Masing-masing sayuran masanya 10 kg. Sedangkan bahan-bahan yang diperlukan untuk analisis adalah :

1. Stronsium nitrat [$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$]
2. Asam nitrat [HNO_3] berasap dan asam nitrat dengan konsentrasi 65% .
3. Asam phospat [H_3PO_4] pekat.
4. Amoniak [NH_4OH].
5. Aquades.
6. Barium nitrat [$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$].
7. Natrium kromat [$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_4$].
8. Amonium karbonat padat [$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$].
9. Peroksida [H_2O_2].
10. Besi klorida [FeCl_3].
11. Yitrium nitrat [$\text{Y}(\text{NO}_3)_3$].
12. Asam oksalat [$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$] jenuh (8%).
13. Asam asetat [CH_3COOH].
14. Amonium asetat [$\text{CH}_3\text{COONH}_4$].
15. Sumber standar Ra-226 dan Sr-90.
16. Metanol [CH_3OH]

3.2. Metode Penyiapan Bahan

Sayur-sayuran dikeringkan di bawah sinar matahari secara langsung untuk mengurangi kadar air. Setelah benar-benar kering kemudian dibakar menggunakan penggoreng dari tanah liat, agar volume dapat dimampatkan. Hasilnya berupa arang yang berwarna hitam. Arang ini ditumbuk sampai halus dan diletakkan dalam cawan porselen yang sudah disediakan. Selanjutnya cawan porselen berisi arang diabukan dalam tungku vurnis. Suhu diatur sampai dengan 400°C . Setelah arang berubah menjadi abu berwarna putih seluruhnya, abu diambil. Agar diperoleh bahan yang sudah bebas dari karbon sehingga memudahkan dalam analisis. Abu putih didinginkan pada suhu kamar, digerus dan disaring menggunakan penyaring dengan porositas 0,125 mm agar diperoleh butiran-butiran yang seragam. Dengan demikian radiasi dari radionuklida dalam abu dipancarkan secara merata.

3.2.1. Metode Analisis Radium 226

Abu putih yang telah siap dianalisis dimasukkan dalam vial dengan volume yang sama dengan volume standar Ra-226. Kemudian ditutup rapat agar radiasi dari luar tidak masuk. Supaya penutupan lebih sempurna sebaiknya tutup vial direkatkan menggunakan lem araldit.

Sebenarnya bahan telah siap dicacah radiasi alamiahnya. Akan tetapi agar terjadi kesetimbangan antara

radionuklida dengan anak luruhnya perlu didiamkan selama 30 hari. Dalam waktu tersebut Bi-214 sebagai anak luruh dari Ra-226 sudah seimbang dengan induknya

3.2.2. Metode Analisis Stronsium 90

Untuk menentukan radionuklida Sr-90, abu putih yang diperoleh harus dianalisis terlebih dahulu. Langkah-langkah yang harus dilakukan sebagai berikut (Anonim, 1989) :

1. Diambil bahan sebanyak 10 sampai 25 g ditambahkan dengan pengemban Sr yaitu stronsium nitrat sebanyak 50 mg. Diekstraksi dengan menambahkan 100 ml aquades dan 100 ml asam nitrat 65%, dipanaskan dengan hot plate selama 30 menit agar larut. Didinginkan kemudian disaring menggunakan kertas saring whatman 42. Larutan ditambah 2 ml asam fosfat dan amoniak sehingga membentuk endapan yang sempurna (jenuh) kemudian disaring.

2. Endapan fosfat berwarna putih ditambah dengan 40 ml asam nitrat berasap sehingga endapannya larut. Larutan yang diperoleh (V) ditambah lagi asam nitrat berasap sebanyak $2,5 \times V - 40$ ml agar Sr mengendap. Larutan diaduk dan didinginkan menggunakan es. Setelah didiamkan 30 menit larutan diputar, filtrat dibuang sedangkan endapan diambil.

3. Endapan diekstraksi lagi menggunakan asam nitrat berasap dan aquades masing-masing dengan perbandingan yang sama. Diaduk didinginkan dan diputar agar filtrat dan

endapan terpisah, sehingga memudahkan untuk membuang filtrat dan mengambil endapannya.

4. Endapan ditambah 10 ml aquades, pengemban Ba (barium nitrat) 10 mg, 1 ml asam asetat 6 M, dan 2 ml amonium asetat 6 M kemudian dipanaskan. Ditambah 1 ml natrium kromat 1,5 M akan membentuk endapan berwarna oranye dari barium kromat ($BaCrO_4$), didinginkan dan diputar. Endapan dibuang sedangkan filtratnya diproses lebih lanjut.

5. Filtrat direaksikan dengan amoniak dan amonium karbonat padat sampai terbentuk endapan. Larutan dipanaskan, didinginkan dan diputar. Filtratnya dibuang.

6. Endapan dilarutkan dengan asam nitrat 6 M, ditambah dengan pengemban Fe (ferri klorida) 10 mg/cc, 1 tetes peroksida dan amoniak secukupnya sehingga diperoleh endapan berwarna coklat dari ferri hidroksida. Dipanaskan, didinginkan dan diputar untuk mendapatkan filtratnya.

7. Filtrat diasamkan dengan asam nitrat 6 M ditambah pengemban Y (Yitrium nitrat) 10 mg/cc, disimpan selama 18 hari.

8. Larutan diendapkan dengan amonium hidroksida (amoniak) sehingga terbentuk endapan putih dari yitrium trihidroksida. Waktu penambahan amoniak dicatat untuk mengetahui waktu peluruhan Y-90. Larutan yang terbentuk dipanaskan, didinginkan dan diputar untuk mendapatkan endapannya.

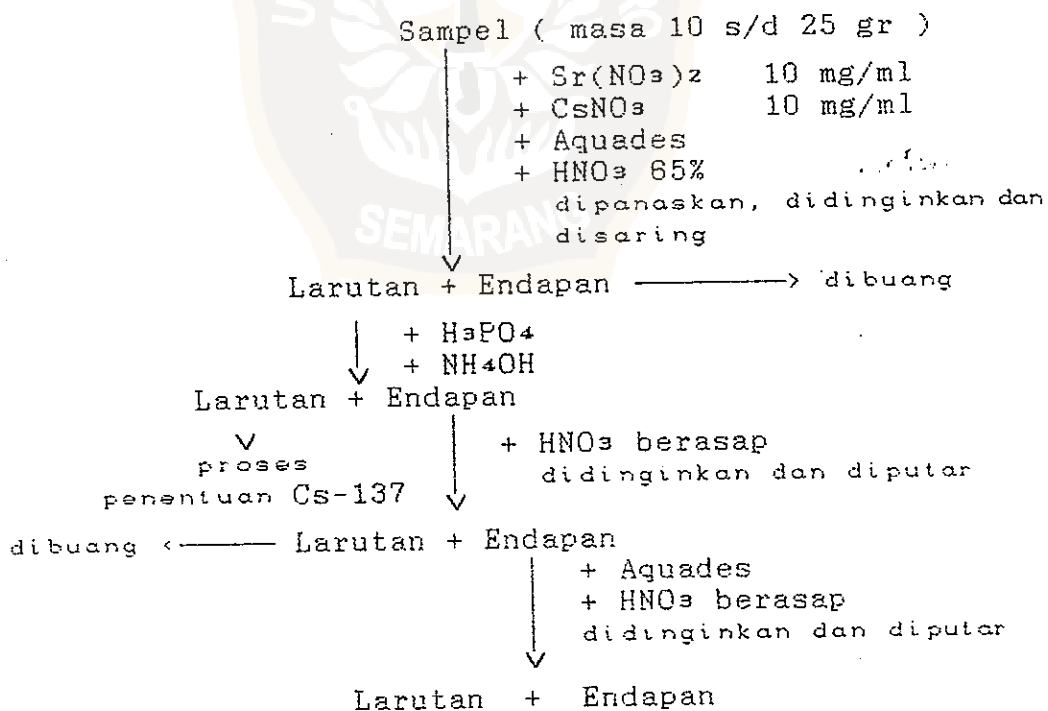
9. Endapan dilarutkan dengan asam nitrat 6 M,

diencerkan dengan aquades dan diendapkan lagi dengan amoniak. Endapan diambil dengan cara dipanaskan sampai 80°C, didinginkan dan diputar.

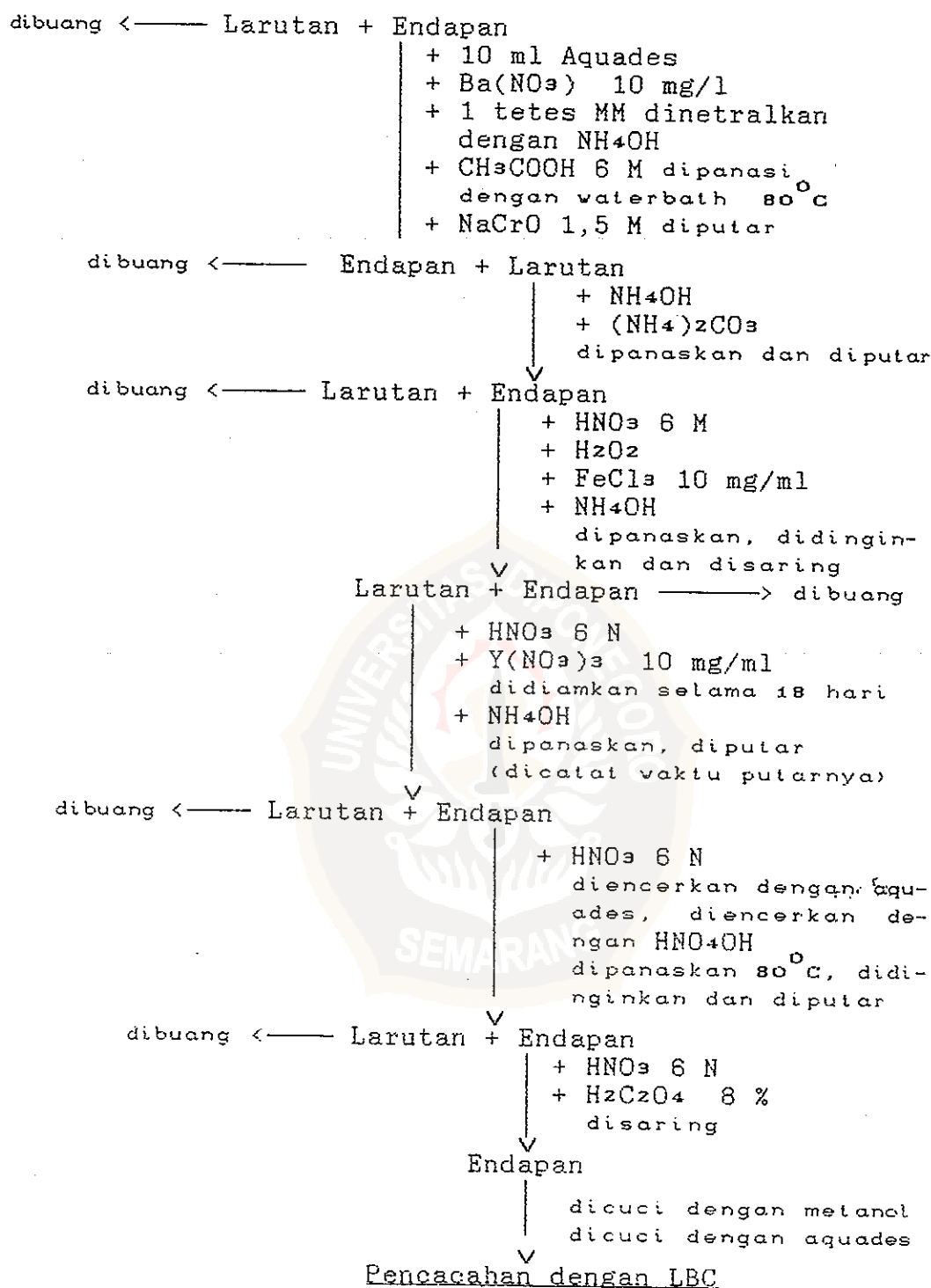
10. Endapan dilarutkan dengan asam nitrat 6 M, ditambah dengan asam oksalat 8% sampai terjadi endapan sempurna. Dipanaskan sampai 80°C selama 10 menit dan didinginkan. Disaring menggunakan kertas saring whatman 42 yang dilengkapi pompa vakum.

11. Endapan dicuci berturut-turut menggunakan aquades dan alkohol. Endapan diletakkan dalam plasket siap untuk dicacah menggunakan Pencacah Latar Belakang Rendah (LBC).

Untuk lebih jelasnya prosedur analisa tersebut dapat dilihat pada bagan di bawah ini.



(bersambung)



Gb. 3.1. Bagan analisis Sr-90

3.2.3. Metode Pembuatan Standar

Sumber standar Ra-226 dibuat dari bahan yang sama dengan contoh. Kemudian diberi sumber radioaktif U-238 yang telah diketahui aktivitasnya dan dimasukkan ke dalam vial sampai penuh. Diusahakan agar sumber aktif tercampur merata dalam vial. Vial ditutup rapat dengan perekat araldit dan didiamkan selama 30 hari.

Standar Sr-90 dibuat dengan melalui analisis seperti yang dilakukan pada contoh. Bedanya ada beberapa langkah yang tidak perlu dilakukan pada analisis standar. Untuk lebih jelasnya langkah pembuatan standar Sr-90 adalah sebagai berikut :

1. Diukur pengemban Sr yaitu $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ dengan volume yang berbeda agar nantinya diperoleh endapan dengan masa yang berbeda pula (Dalam percobaan ini volume yang diukur adalah 0,5 ml, 1,0 ml, 3,0 ml, 5,0 ml, 7,0 ml, 10,0 ml, 15,0 ml dan 20,0 ml). Masing-masing diletakkan pada tabung reaksi yang berlainan.

2. Ke dalam tabung masing-masing ditambahkan sumber Sr-90 aktif dengan konsentrasi keaktifan 128,945 Bq/cc sebanyak 20 μl . Kemudian disamakan volume masing-masing dengan menambahkan aquades.

3. Dipanaskan pada waterbath sampai $\pm 80^\circ\text{C}$, ditetesi dengan amoniak agar menjadi basa (ph = 11).

4. Ditetesi dengan natrium karbonat 20 % sampai terjadi endapan sempurna. Waktu pengendapan ini dicatat untuk menentukan faktor peluruhan. Kemudian dipanaskan,

didinginkan dan diputar. Larutan dipisahkan dari endapan untuk proses selanjutnya.

5. Larutan diasamkan dengan asam nitrat 6 M, ditambahkan yitrium nitrat dengan volume yang berbeda pada masing-masing tabung sesuai dengan kenaikan volume strontium nitrat (Ditambahkan sebanyak 0,3 ml, 0,5 ml, 1,0 ml, 1,5 ml, 2,0 ml, 2,5 ml, 3,0 ml dan 3,5 ml).

6. Masing-masing diberi asam oksalat 8 % sebanyak 2 ml. Kemudian disaring, dipanaskan pada lampu pemanas, ditimbang berat endapan yang terbentuk dan siap dicacah.

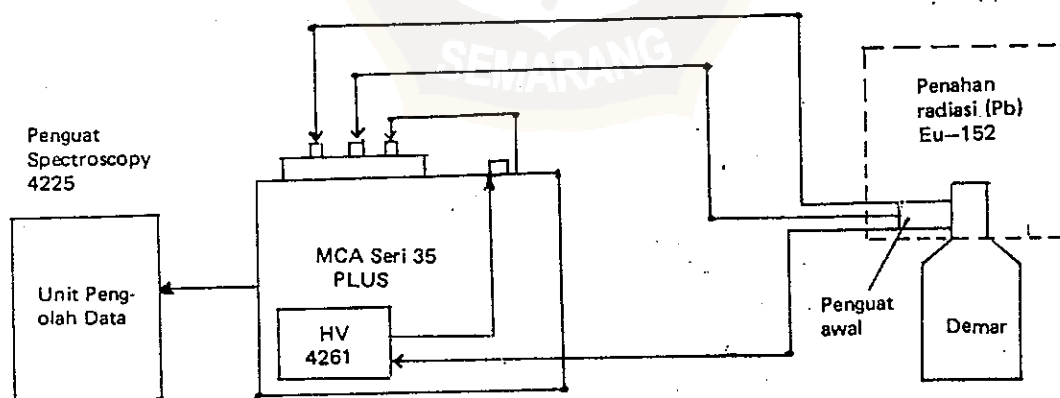
3.3. Diskripsi Peralatan Pencacahan

Perangkat pencacahan yang dipakai adalah Spektrometer Gamma dan Pencacah Berlatar belakang Rendah (LBC). Spektrometer Gamma dipergunakan untuk mencacah contoh dan sumber yang memancarkan sinar gamma, sedangkan LBC dipakai pada pencacahan contoh ataupun sumber yang memancarkan radiasi alfa maupun beta.

3.3.1. Diskripsi Spektrometer Gamma

Spektrometer gamma merupakan alat yang dapat menghasilkan spektrum gamma dari contoh radioaktif yang diukur. Perangkat spektrometer gamma yang dipakai pada percobaan ini adalah buatan Canberra. Terdiri dari sumber tegangan tinggi model 4261, penguat awal model 2001 C, detektor semikonduktor Germanium kemurnian tinggi (Hp-Ge), penganalisis saluran ganda portabel seri 35 plus, dan

piranti-piranti lain seperti ADC (analog to digital converter), penganalisis saluran tunggal (SCA) dan sebagainya yang digabung dalam suatu sistem Multi Channel Analyzer (MCA). Spektrometer gamma dilengkapi dengan penahan radiasi (Pb) yang melindungi detektor dari radiasi luar dan piranti pengolah data. Pengolah data terdiri dari printer integral data sistem Canberra model 5510-2 dan plotter Hewlett-Packard model 7470 A. Detektor didinginkan dengan nitrogen cair di dalam dewar. Diagram susunan perangkat spektrometer gamma tersebut diperlihatkan pada gambar 3.2. (Operation Manual, 1985)



gb. 3.2. Diagram Spektrometer gamma

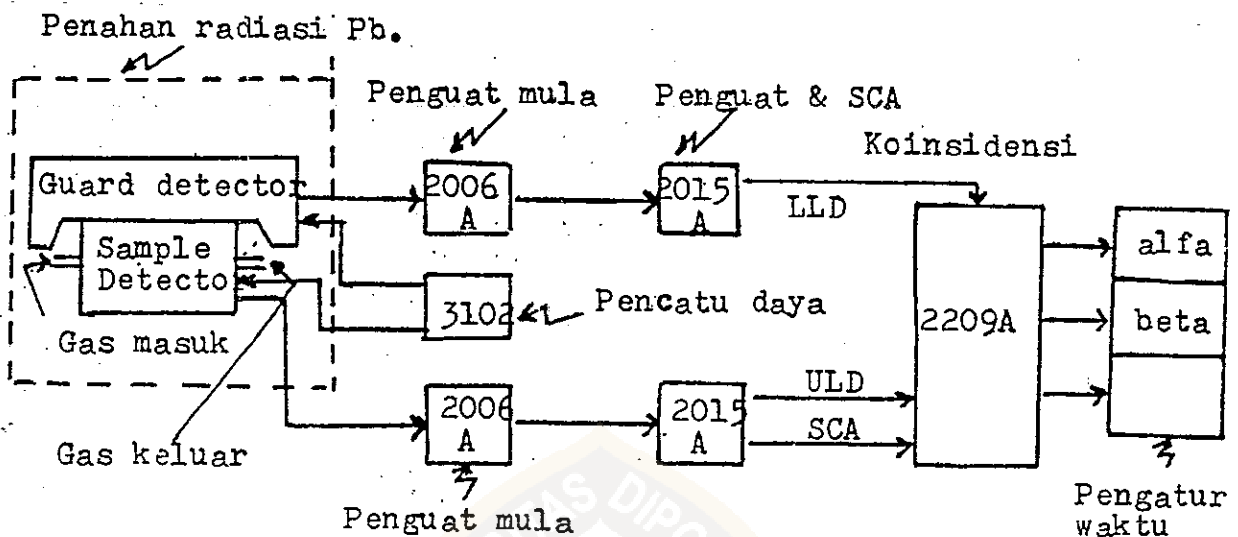
3.3.2. Diskripsi Pencacah Berlatar Belakang Sangat Rendah

Alat cacah berlatar belakang sangat rendah (Low Background Counter) sistem alfa/beta model 2201 buatan Canberra adalah sistem alat cacah yang dirancang khusus untuk mengukur contoh yang memiliki aktivitas sangat rendah yang memancarkan radiasi alfa, beta atau kedua-duanya. Pada pengukuran ini hanya radiasi β yang diukur karena seperti tersebut di atas Sr-90 memancarkan radiasi β murni.

Alat tersebut menggunakan detektor proporsional. Sebagai gas pencacah digunakan aliran gas P-10 yaitu campuran argon dan metan dengan komposisi 90 % dan 10 %. Detektor terdiri dari detektor sampel dan detektor pelindung. Detektor sampel berupa detektor proporsional dengan aliran gas sedang detektor pelindung (guard detector) berupa detektor proporsional dengan volume tetap.

Perangkat lainnya yang dipakai adalah penguat awal model 2006A, penguat akhir tipe TSCA 2015A, diskriminator tingkat bawah (LLD), diskriminator tingkat atas (ULD) dan rangkaian anti koinsidensi tipe 2209A. Seluruh tubuh detektor dilindungi timbal beraktivitas rendah sebagai penahan radiasi utama setebal 10 cm dan tembaga yang berkonduktifitas tinggi dan bebas oksigen. Tembaga diletakkan antara detektor dan timbal yang dimaksudkan untuk menahan radiasi yang dipancarkan oleh timbal. Diagram pencacah berlatar belakang sangat rendah dapat

dilihat pada gambar 3.3. (Instruction Manual, 1978).



Gb. 3.3. Diagram alat pencacah berlatar belakang sangat rendah.

3.4. Tata Kerja

3.4.1. Tata Kerja Spektrometer Gamma

Spektrometer gamma sebelum dioperasikan terlebih dahulu diatur pada keadaan kerja optimum. Antara lain dengan mengatur sumber tegangan tinggi, ADC, coarse gain, fine gain dan sebagainya sesuai dengan petunjuk operasionalnya. Selama beroperasi perangkat harus tetap dingin karena mempergunakan tegangan tinggi (2500 volt).

Detektor dapat dianggap sebagai kapasitor. Bila suatu contoh radioaktif memancarkan gamma dan didekatkan

pada detektor maka akan terjadi interaksi sinar gamma dengan detektor. Interaksi tersebut adalah efek fotolistrik, efek hamburan Compton dan produksi pasangan. Melalui ketiga proses ini sinar gamma menyerahkan energi sebagian atau seluruhnya pada detektor. Hasilnya berupa elektron-elektron bebas yang bergerak menuju anoda. Berkumpulnya elektron-elektron di anoda menyebabkan terjadinya perbedaan tegangan. Dengan pengamatan elektronik perbedaan tegangan diubah menjadi sinyal pulsa yang tingginya sebanding dengan energi sinar gamma yang menimbulkannya. Pulsa diperkuat dan dibentuk pada penguat awal dan penguat selanjutnya dikirim menuju penganalisis saluran ganda (MCA seri 35 Plus). Di sini pulsa yang masuk dipilah-pilah menurut tingginya. Pulsa dengan tinggi tertentu akan dicatat cacahnya dalam saluran yang diberi nomor tertentu.

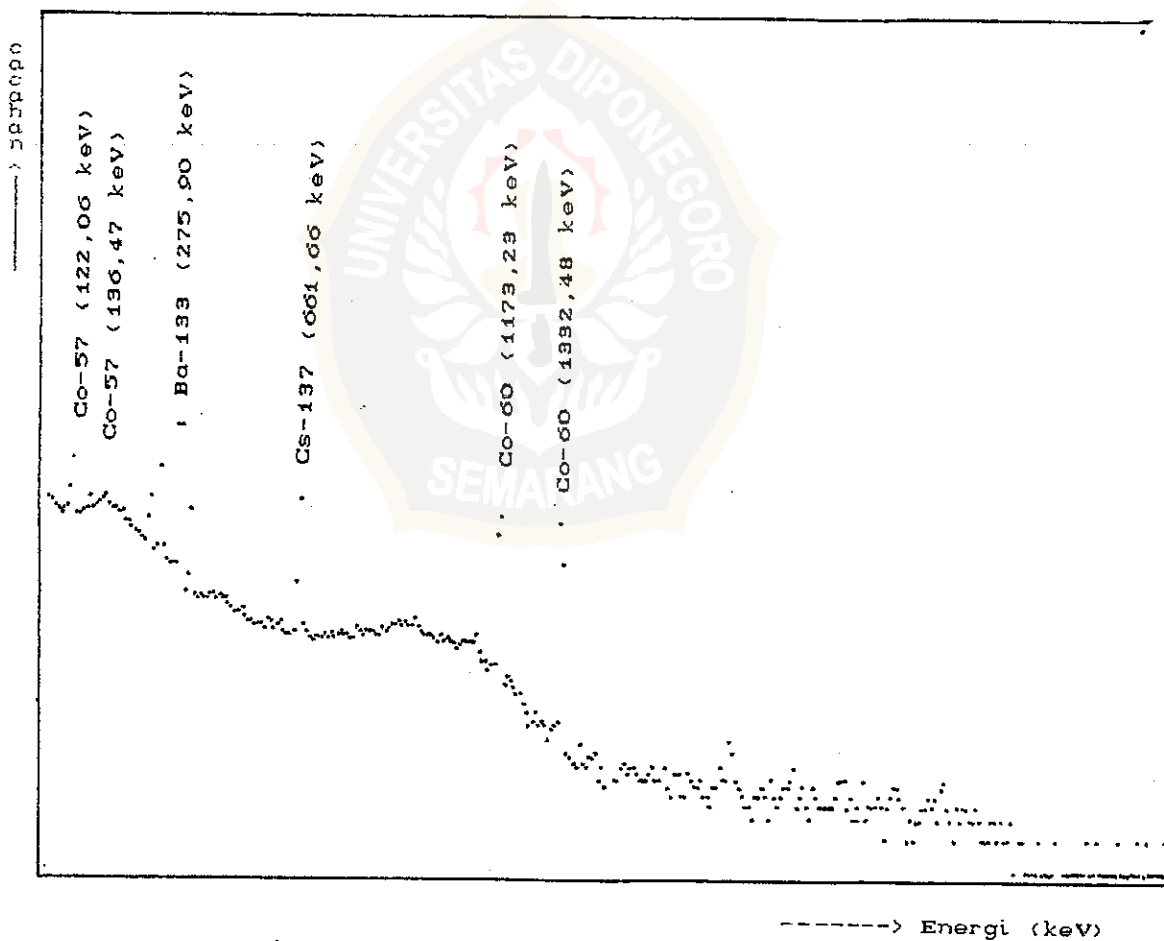
Data jumlah cacahan dikumpulkan dalam saluran sampai waktu pencacahan yang dikehendaki berakhir. Hasilnya secara analog dapat dilihat spektrum gamma pada layar MCA. Hasil ini juga dapat dibuat plot antara cacah (y) dan nomor salur (x). Sistem pembentukan ini disebut analisis tinggi pulsa.

Pada hakekatnya spektrometri gamma adalah suatu metode pengukuran gamma bersifat relatif. Maka sebelum dipergunakan untuk mengukur contoh yang belum diketahui jenis radionuklida yang terkandung di dalamnya, perlu dikalibrasi terlebih dahulu dengan sumber standar gamma

yang telah diketahui tenaga dan aktifitasnya. Kalibrasi meliputi kalibrasi energi dan kalibrasi efisiensi.

a. Kalibrasi Energi

Kalibrasi energi dilakukan untuk analisis kualitatif spektrometri gamma. Kalibrasi dilakukan dengan mencacah beberapa sumber standar radioaktif dari yang bertenaga rendah sampai tenaga tinggi secara serempak atau dengan standar multi-gamma Eu-152. Spektrum yang tampak menggambarkan hubungan antara nomor salur dan energi, seperti pada gambar 3.4.



Gb. 3.4. Spektrum- γ sumber standar campuran Co-57, Co-60, Ba-133 dan Cs-137.

Apabila dibuat plot antara tenaga sinar gamma dan nomor salur puncak serapan total masing-masing akan diperoleh suatu garis lurus yang disebut kurva kalibrasi tenaga dengan persamaan :

$$Y = aX + b \quad (3.1)$$

Absis X menyatakan nomor salur dan ordinat Y menyatakan tenaga. Setiap pengukuran puncak serapan total gamma sumber standar akan diperoleh pasangan harga X dan Y tertentu. Untuk pengukuran puncak gamma dapat ditentukan harga slope a dan konstanta b secara regresi linier yang dinyatakan sebagai (Wisnu Susetyo, 1988) :

$$a = \frac{\sum X_i Y_i - \frac{\sum X_i \sum Y_i}{n}}{\sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n}} \quad (3.2)$$

$$\text{dan } b = \frac{\sum Y_i}{n} - a \frac{\sum X_i}{n} \quad (3.3)$$

Semua penjumlahan \sum dimulai dari $i=1$ sampai dengan $i=n$. Hubungan linier antara pengubah X dan Y dinyatakan dengan koefisien korelasi persamaan :

$$r = \frac{\sum X_i Y_i - \left[\sum X_i \right] \left[\sum Y_i \right] / n}{\sqrt{\left[\left(\sum X_i^2 \right) - \left(\sum X_i \right)^2 / n \right] \left[\left(\sum Y_i^2 \right) - \left(\sum Y_i \right)^2 / n \right]}} \quad (3.4)$$

Pada percobaan ini kalibrasi dilakukan secara langsung dengan menggunakan tombol cursor pada MCA. Standar radiasi gamma campuran yang dipakai adalah :

- a. Co-57 dengan tenaga 122,06 keV (tenaga terendah) dan 136,47 keV.
- b. Ba-133 dengan tenaga 275,90 keV.
- c. Cs-137 mempunyai tenaga 661,66 keV.
- d. Co-60 dengan tenaga 1173,23 keV dan 1332,48 keV (sebagai energi tertinggi).

Empat sumber standar tersebut dicacah serentak selama 10 menit. Tampak pada layar MCA spektrum gamma dengan puncak dari tenaga terendah sampai tenaga tertinggi. Cursor diletakkan pada saluran puncak bertenaga terendah kemudian tombol E_1 ditekan untuk tenaga terendah dan memasukkan besar tenaganya yaitu 122,06 keV. Kemudian cursor diletakkan pada saluran bertenaga tertinggi, ditekan tombol E_H untuk tenaga tertinggi dan memasukkan besarnya tenaga yaitu 1332,48 keV.

Pada layar (Gb. 3.4.) tampak beberapa puncak spektrum gamma dari tenaga terendah sampai tenaga tertinggi, dengan data nomor salur dan tenaganya seperti terlihat pada tabel 3.1. Dengan menggunakan persamaan (3.1), (3.2), (3.3) dan (3.4) diperoleh persamaan garis lurus $Y = 1,018 X - 9,179$ dan koefisien korelasi $r = 0,99999$ yang dibulatkan menjadi $r = 1$. Berarti setting perangkat spektrometer sudah bagus dan siap dipergunakan untuk identifikasi radionuklida yang belum

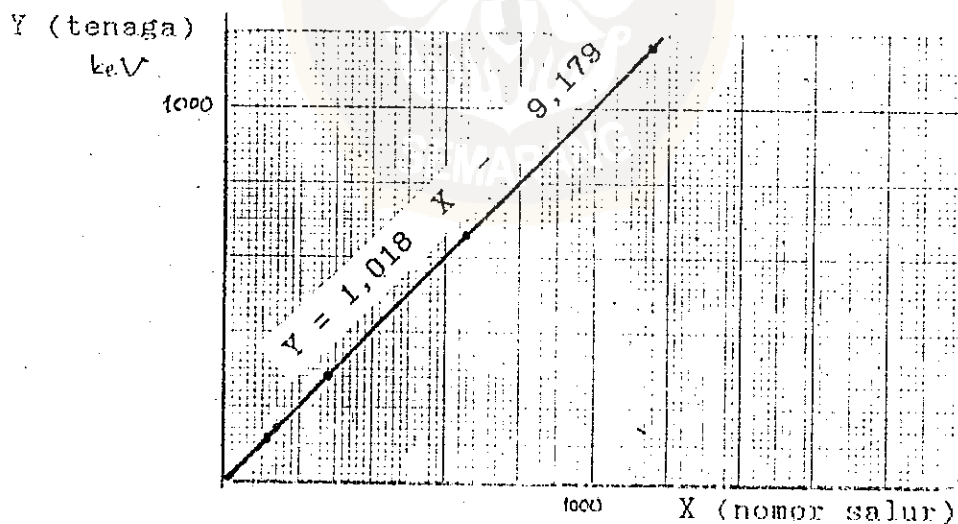
diketahui dalam contoh.

Tabel 3.1. Data kalibrasi energi menggunakan sumber standar gamma Co-57, Co-60, Ba-133 dan Cs-137.

NO	SUMBER STANDAR γ	TENAGA (keV) Y_i	NOMOR SALUR (X_i)
1	Co - 57	122,06	129
2	Co - 57	136,47	143
3	Ba - 133	275,90	280
4	Cs - 137	661,66	659
5	Co - 60	1173,23	1161
6	Co - 60	1332,48	1318

Keterangan : Setting alat ditentukan 1 saluran = 1 keV

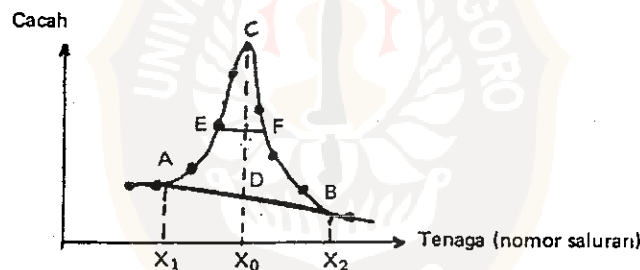
Jika data di atas dibuat plot tenaga sebagai fungsi nomor saluran, akan diperoleh garis lurus seperti gambar 3.5.



Gb. 3.5. Kurva kalibrasi tenaga sebagai fungsi nomor saluran

b. Kalibrasi Efisiensi

Kalibrasi efisiensi dilakukan untuk analisis kuantitatif spektrometri gamma. Hal ini dilakukan dengan cara mencacah sumber standar radioaktif yang bertenaga rendah (100 keV) sampai tenaga tinggi (1500 keV) yang sudah diketahui aktivitasnya. Sumber standar diletakkan di atas detektor pada jarak 30 cm, kemudian dicacah dengan waktu pencacahan 1800 detik. Spektrum gamma akan tampak pada layar MCA, cacah yang dihasilkan oleh suatu sinar gamma tertentu diwakili luas puncaknya. Harga luas puncak diperoleh dari penjumlahan semua nomor salur yang tercakup dalam puncak tersebut, seperti yang tampak pada gambar 3.6. di bawah ini.



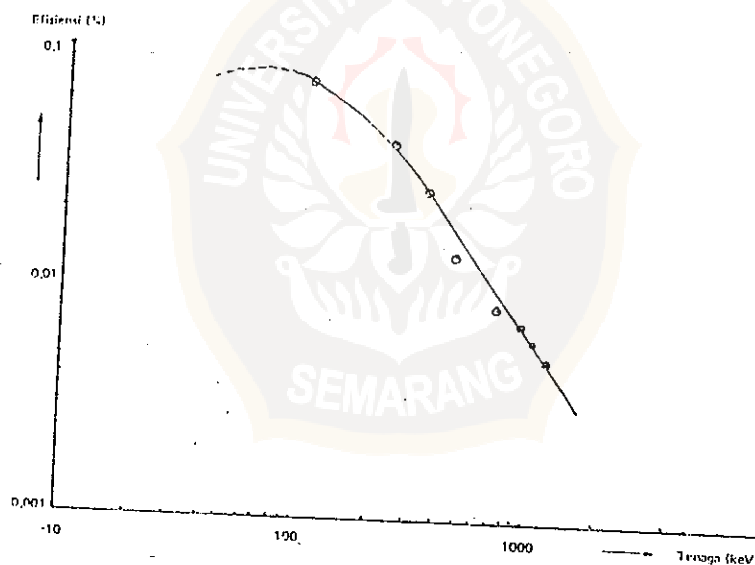
Gb. 3.6. Sebuah puncak serapan spektrum γ .

Dari gambar tersebut cacah bersih (luas ABC) sama dengan luas X_1X_2BCA dikurangi luas latar Compton X_1X_2BA . Pada perangkat spektrometer gamma luas cacah bersih ditentukan secara otomatis dengan menggeser cursor, left maker dan right maker. Tombol tersebut terdapat pada MCA sehingga dengan mudah diperoleh luas puncak serapan total. Jika puncak serapan total (C_s) dipakai untuk menentukan

efisiensi sebesar ϵ (%) dan intensitas mutlak p (%) serta A_{st} adalah aktivitas standar (Bq), maka diperoleh persamaan (Sutarman dan Achmad Chaerudin S, 1987) :

$$\epsilon = \frac{C_s \cdot 100 \%}{A_{st} \cdot p} \quad (3.5)$$

Setelah diperoleh cacah bersih maka efisiensi dapat dihitung untuk setiap puncak tenaga. Kemudian dibuat kurva kalibrasi efisiensi sebagai fungsi tenaga dengan metode langsung seperti diperlihatkan pada gambar 3.7.



Gb. 3.7. Kurva efisiensi sebagai fungsi tenaga dengan metode langsung

3.4.2. Tata Kerja Pencacah Berlatar Belakang Sangat Rendah

Sebelum dilakukan pencacahan, tegangan dinaikkan sesuai dengan tegangan operasi isotop yang akan diukur aktivitasnya. Untuk menaikkan tegangan tersebut, pencacah

dipanasi selama 60 menit dengan mengalirkan gas P-10 ke dalam detektor sampel secara terus menerus.

Pencacahan dilakukan dengan meletakkan sampel sedekat mungkin untuk memperoleh efisiensi yang tinggi. Jika detektor dikenai radiasi yang berasal dari sampel akan terjadi ionisasi di dalamnya. Elektron secara cepat terbentuk pada anoda menimbulkan muatan listrik yang segera dipindahkan ke kapasitor. Kemudian didisipasi dalam tahanan sehingga timbul pulsa-pulsa listrik. Oleh penguat awal pulsa-pulsa ini dikirim ke penguat akhir untuk diperkuat sinyalnya. Sinyal yang telah diperkuat diteruskan ke rangkaian diskriminator yang berfungsi untuk menolak semua pulsa di bawah atau di atas ukuran yang telah ditetapkan.

Pulsa dari detektor pelindung diteruskan melalui diskriminator tingkat bawah (LLD) dan pulsa dari detektor sampel diteruskan melalui diskriminator tingkat atas (ULD). Seluruh pulsa yang lolos dari diskriminator diteruskan ke rangkaian antikoinidensi. Hasil pencacahan dicatat oleh pencatat (scaler) B untuk partikel beta dan pencatat A untuk alfa. Gangguan pencacahan yang berasal dari arus listrik dapat dikurangi dengan rangkaian anti-koinidensi pada pencacah ini.

Untuk menentukan efisiensi pencacahan digunakan cara relatif yaitu membandingkan hasil cacahan sumber standar radioaktif dengan aktivitasnya, yang dirumuskan dengan persamaan di bawah ini (Sutarman, 1993).

$$\epsilon = \frac{\text{cps}}{\text{dps}} \times 100 \% \quad (3.6)$$

Dengan ketentuan cps adalah cacah per detik dan dps adalah peluruhan per detik.

Standar kalibrasi yang dipakai untuk mengukur aktivitas sampel adalah standar hasil analisis sumber Stronsium aktif. Dari hasil berat endapan akhir yang diperoleh dicacah untuk mendapatkan hasil cacahan bersih (cps) dan dihitung efisiensinya menggunakan persamaan (3.6.). Dengan memplotkan efisiensi dan berat endapan akan diperoleh kurva efisiensi terhadap variasi berat endapan yang diperoleh.

3.5. Perhitungan Konsentrasi Radioaktivitas

Perhitungan konsentrasi radioaktivitas Ra-226 berbeda dengan konsentrasi radioaktivitas Sr-90. Perbedaannya menyangkut faktor pertumbuhan dan faktor peluruhan serta kedapatan ulang (recovery) yang tidak terdapat pada perhitungan aktivitas Radium.

3.5.1. Konsentrasi Radioaktivitas Ra-226

Untuk menghitung konsentrasi radioaktivitas Ra-229 digunakan cara relatif. Yaitu dengan cara membandingkan hasil pengukuran cacah sampel dengan cacah standar dan mengalikannya dengan aktivitas yang telah diketahui dari standar tersebut. Persamaan yang dipakai adalah :

$$A_{\text{Ra-226}} = \frac{C_s}{C_{st}} \cdot \frac{A_{st}}{W} \quad (3.7)$$

$A_{\text{Ra-226}}$ adalah konsentrasi radioaktivitas Radium yang diukur (Bq/kg), C_s merupakan cacah bersih sampel (cps), C_{st} cacah bersih standar (cps), A_{st} aktivitas standar (Bq) dan W masa sampel yang diukur (kg).

Simpangan baku diperoleh berkaitan dengan peluruhan zat radioaktif mengikuti hukum distribusi Poisson, merupakan akar kuadrat dari varians yaitu :

$$s(C_s) = \left[\frac{C_t + C_b}{t} \right]^{1/2} \quad (3.8)$$

$s(C_s)$ menyatakan simpangan baku sampel (Bq) dengan tingkat kepercayaan 68 %, C_t cacah sampel total (cps), C_b cacah latar (cps) dan t waktu pencacahan (dt).

Dengan memperhitungkan simpangan baku ini maka persamaan (3.7) menjadi :

$$A_{\text{Ra-226}} = \frac{C_s \pm s(C_s)}{C_{st}} \cdot \frac{A_{st}}{W} \quad (3.9)$$

3.5.2. Konsentrasi Radioaktivitas Sr-90

Konsentrasi radioaktivitas Sr-90 dihitung dengan memasukkan beberapa faktor tambahan dengan persamaan :

$$A_{\text{Sr-90}} = \frac{C_s}{\epsilon \cdot R \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot W} \quad (3.10)$$

A_{Sr-90} adalah konsentrasi radioaktivitas Sr-90 (Bq/kg), C_s menyatakan cacah bersih sampel (cps), ϵ efisiensi pencacahan (%), R faktor kedapat ulangan Stronsium dan Ytrium pada proses analisis, F_1 faktor pertumbuhan Y-90, F_2 faktor peluruhan Y-90 dan W masa contoh yang diukur.

Simpangan baku ditentukan seperti pada persamaan (3.8), sehingga persamaan akhir adalah :

$$A_{Sr-90} = \frac{C_s \pm s(C_s)}{\epsilon \cdot R \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot W} \quad (3.11)$$

3.6. Perhitungan FOM dan MDC

FOM (Figure of Merit) dan MDC (Minimum Detectable Concentration) adalah besaran untuk menyatakan kualitas alat cacah yang digunakan. Kualitas alat yang bagus adalah mempunyai FOM sebesar mungkin dengan MDC serendah-rendahnya. MDC merupakan ukuran harga konsentrasi terendah dari suatu contoh yang dapat diukur. Hanya contoh dengan konsentrasi radioaktivitasnya lebih besar dari MDC yang dapat dideteksi. FOM dan MDC dengan tingkat kepercayaan 68 % dinyatakan dengan persamaan :

$$FOM = \frac{\epsilon^2}{C_b} \quad (3.12)$$

FOM adalah kualitas alat (%/Bq), ϵ menyatakan efisiensi alat (%) dan C_b cacah latar (Bq).

$$\text{MDC} = \frac{2,33 \cdot (C_b/t_b)^{1/2}}{\varepsilon \cdot p \cdot W} \quad (3.13)$$

MDC merupakan batas konsentrasi radioaktivitas (Bq/kg), C_b/t_b laju cacah latar dibagi waktu pencacahan (cps), ε efisiensi alat, p pelimpahan energi gamma dan W masa contoh yang dicacah (kg).

Pada pengukuran Ra-226 harga pelimpahan energi gamma 609,3 keV (p) adalah 45 % atau 0,45 (G. Erdtmann dan W. Soyka, 1979). Sedangkan pada Sr-90 pelimpahan energi gamma dianggap 1 karena radionuklida ini memancarkan beta murni (100 %).

