

LAMPIRAN A

KARAKTERISTIK IMPEDANSI DAN REFLEKSI KABEL

Secara umum transmisi pulsa yang melalui kabel koaksial dibagi menjadi dua kelompok :

- a. Pulsa-pulsa frekuensi rendah atau pulsa-pulsa lambat.
- b. Pulsa-pulsa frekuensi tinggi atau pulsa-pulsa cepat.

Pengelompokkan tersebut didasarkan pada perbandingan rise time dengan transit time pulsa yang melalui kabel. Untuk kabel dengan bahan dielektrik polyethylene padat, nilai transit time berkisar 3,3 ns per meter. Pulsa-pulsa yang memiliki rise time yang lebih besar dibandingkan dengan transit time disebut pulsa-pulsa lambat, sebaliknya pulsa-pulsa yang memiliki rise time sebanding atau lebih pendek dari transit time disebut pulsa-pulsa cepat.

Pada pulsa-pulsa lambat, kabel berkelakuan sebagai konduktor sederhana yang menghubungkan komponen satu dengan lainnya. Sifat-sifat penting tersebut adalah rangkaian sederhana resistansi dan kapasitansi terhadap ground. Resistansi dari pusat konduktor adalah sangat kecil untuk kabel yang kurang dari 100 meter, sehingga parameter yang paling penting biasanya kapasitansi kabel. Pembebanan kapasitiv akan meningkat secara linier dengan panjang kabel, akan tetapi hal ini jarang terjadi kecuali antara detektor dan pre amplifier, yang disebabkan oleh karakteristik nois

dari tipe pre amplifier yang akan memburuk dengan naiknya kapasitansi input.

Untuk pulsa-pulsa cepat, hal yang menonjol adalah karakteristik impedansi kabel. Karakteristik impedansi adalah sifat-sifat yang bergantung pada bahan dielektrik dan diameter konduktor dalam dan diameter luar pelindung kabel, tetapi tidak bergantung pada panjang kabel.



LAMPIRAN B

SOLID ANGLE (SUDUT RUANG)

A. Definisi Umum Sudut Ruang

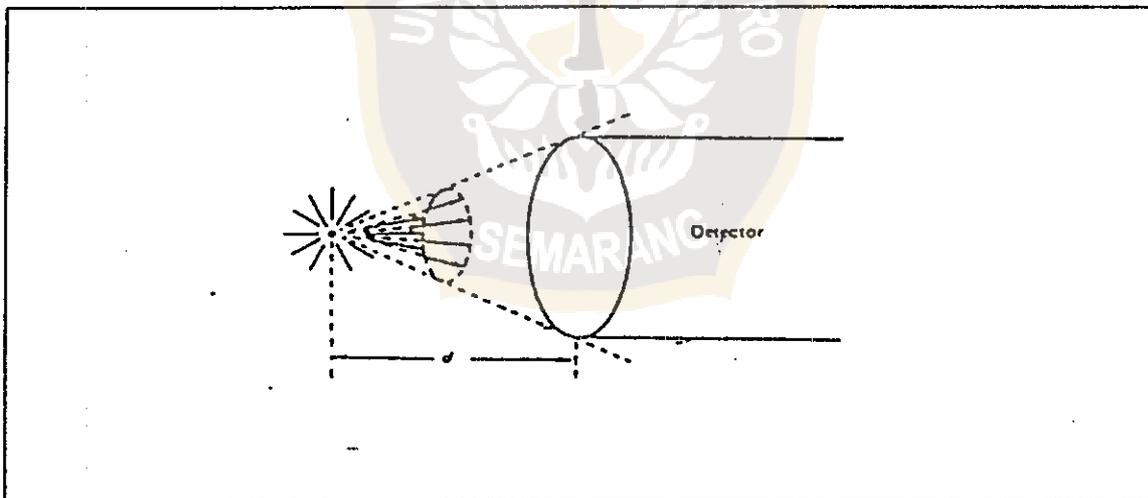
Sudut ruang sebagai

Banyaknya partikel per detik yang teremisikan dalam ruang yang dibatasi oleh kontur permukaan sumber dan detektor

$$\Omega = \frac{\text{Banyaknya partikel per detik yang diemisikan sumber}}{\text{Banyaknya partikel per detik yang teremisikan dalam ruang yang dibatasi oleh kontur permukaan sumber dan detektor}}$$

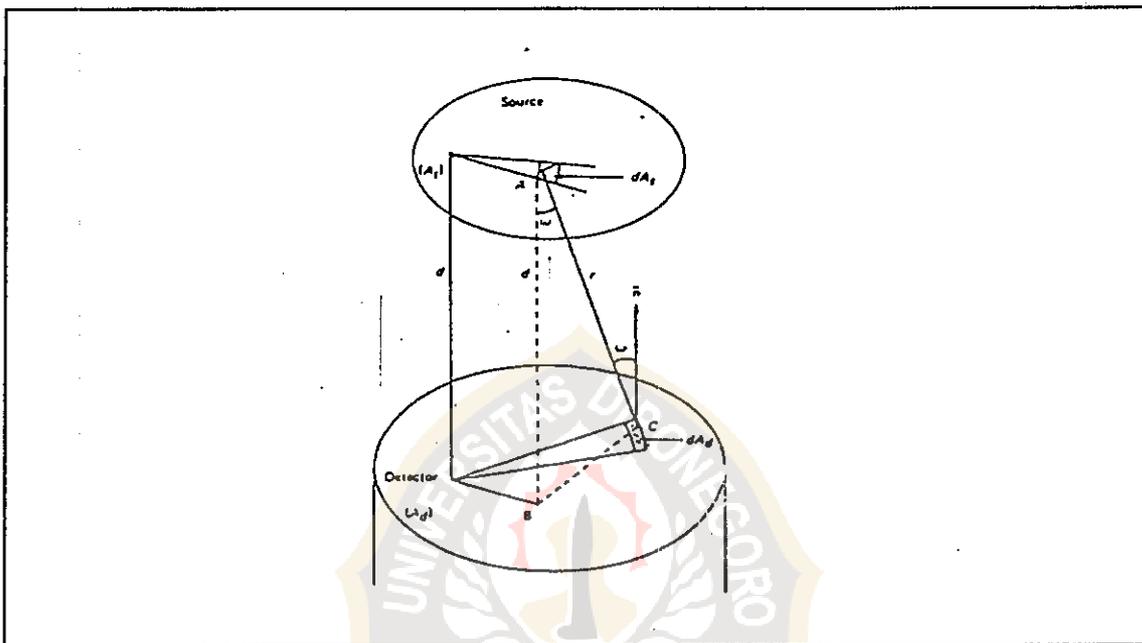
Banyaknya partikel per detik yang diemisikan sumber

Untuk mengilustrasikan konsep sudut ruang, anggap sebuah sumber titik isotropik pada jarak tertentu dari detektor seperti diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Banyaknya partikel yang diemisikan oleh sebuah sumber titik isotropik dan masuk detektor didefinisikan dengan sudut ruang yang terbentuk oleh detektor pada lokasi sumber.

Penggambaran secara matematis untuk sudut ruang Ω diberikan sebagaimana Gambar 2. Sebuah sumber bidang S_0 yang luasnya A_s mengemisikan partikel/ m^2 .detik secara isotropik, yang berjarak d dari jendela detektor seluas A_d .



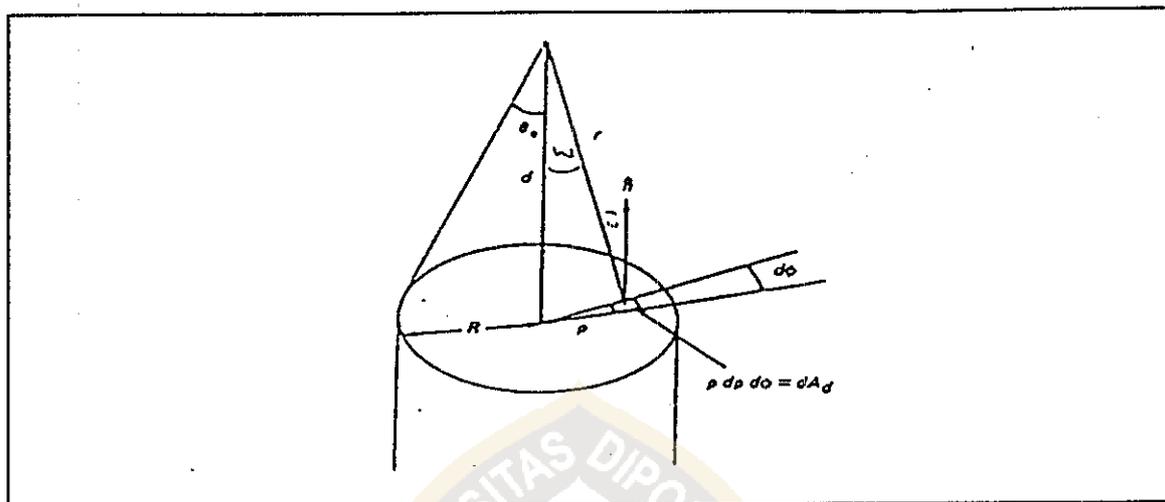
Gambar 2. Definisi sudut ruang untuk bidang sumber dan bidang detektor yang paralel terhadap sumber.

$$\Omega = \frac{\int_{A_s} \int_{A_d} (S_0 dA_s / 4\pi r^2) dA_d (\hat{n} \cdot \hat{r} / r)}{S_0 A_s} \quad (1)$$

dimana \hat{n} adalah satuan vektor normal terhadap permukaan jendela detektor. Karena $\hat{n} \cdot \hat{r} / r = \cos \omega$, maka persamaan (1) berubah menjadi

$$\Omega = \frac{1}{4\pi A_s} \int_{A_s} \int_{A_d} dA_d \frac{\cos \omega}{r^2} \quad (2)$$

Persamaan (2) sesuai untuk berbagai bentuk sumber dan detektor.



Gambar 3. Sudut ruang antara sumber titik isotropik dan sebuah detektor dengan permukaan lingkaran.

B. Sudut Ruang Untuk Sumber Titik Isotropik Dan Detektor Dengan Jendela Bentuk Lingkaran.

Pada persamaan (2), $\cos \omega = \frac{d}{r}$, dan pengintegralan memberikan

$$\Omega = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{d}{(d^2 + R^2)^{1/2}} \right) \quad (3)$$

Dari Gambar 3

$$\cos \theta_0 = \frac{d}{(d^2 + R^2)^{1/2}} \quad (4)$$

Oleh karena itu, persamaan yang ekuivalen dengan persamaan (4) adalah

$$\Omega = 1/2 (1 - \cos \theta_0) \quad (5)$$

Anggap sumber titik isotropik S_0 partikel per detik yang terletak sejauh d di depan detektor, seperti ditunjukkan dalam Gambar 4. Jika digambarkan sebuah bola yang berpusat pada posisi sumber dan memiliki jari-jari R_s lebih besar dari d , maka banyaknya partikel/ m^2 .detik pada permukaan bola adalah $S_0/4\pi R_s^2$. Partikel yang akan menumbuk detektor adalah partikel-partikel yang teremisikan ke dalam kerucut yang ditegaskan oleh lokasi sumber dan jendela. Jika garis lurus yang ditunjukkan kerucut ini diperpanjang menuju permukaan bola dan luasan yang dibentuk A_s . Banyaknya partikel per detik yang memasuki detektor adalah $A_s(S_0/4\pi R^2)$ dan dengan menggunakan persamaan (1), sudut ruang menjadi

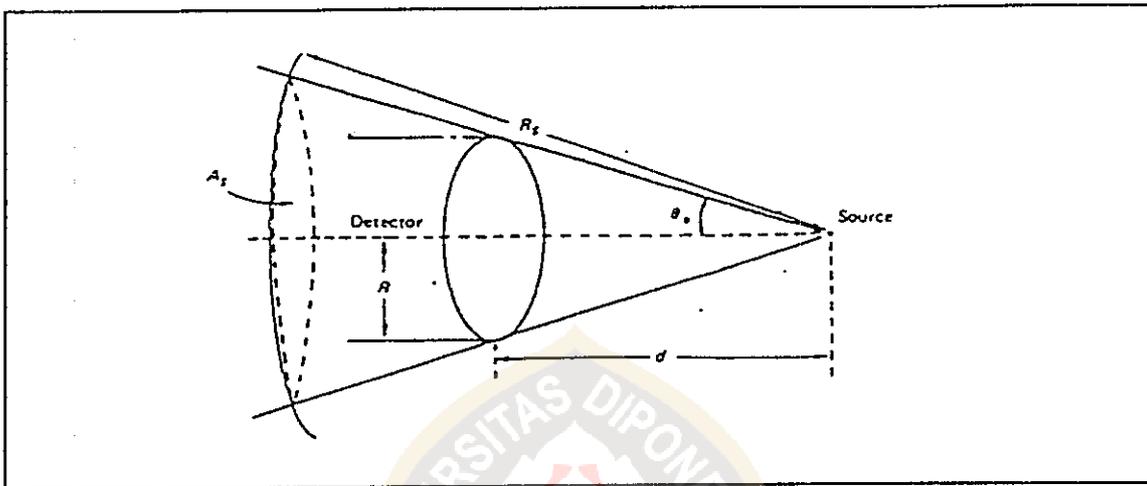
$$\Omega = \frac{A_s(S_0/4\pi R^2)}{S_0} = \frac{A_s}{4\pi R^2}$$

Luasan A_s diberikan oleh

$$\begin{aligned} A_s &= \int dA = \int (R_s d\theta)(R_s \sin \theta d\phi) \\ &= R_s^2 \int_0^{2\pi} d\phi \int_0^{\theta_0} d\theta \sin \theta \\ &= 2\pi R_s^2 (1 - \cos \theta_0) \end{aligned}$$

Oleh karena itu, pernyataan sudut ruang menjadi

$$\begin{aligned}\Omega &= \frac{A_s}{4\pi R_s^2} = \frac{2\pi R_s^2 (1 - \cos \theta_0)}{4\pi R_s^2} \\ &= 1/2 (1 - \cos \theta_0)\end{aligned}\quad (6)$$

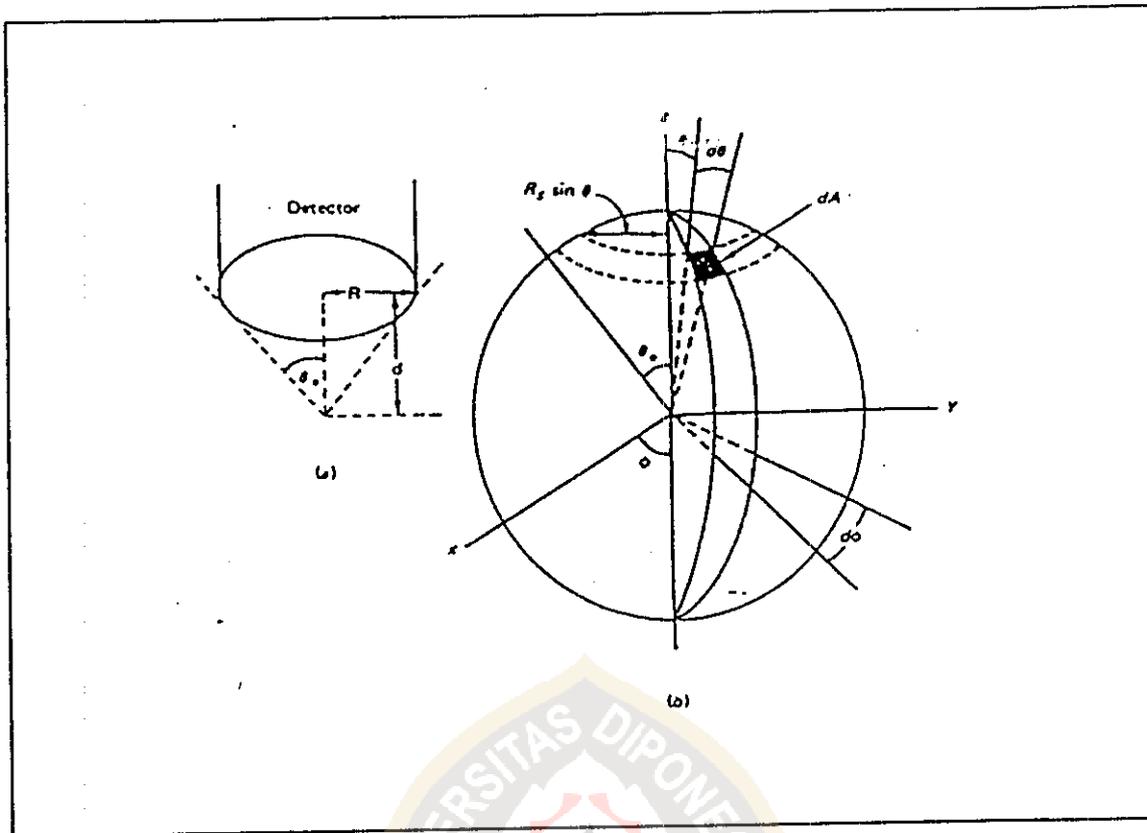


Gambar 4. Diagram yang digunakan untuk menghitung sudut ruang antara sumber titik isotropik dan detektor yang berjendela lingkaran.

Jika $R \ll d$, diambil bentuk persamaan (4) setelah akar kuadrat dikembangkan (persamaan (5)) dan hanya dua yang pertama yang dipakai

$$\Omega = \frac{R^2}{4d^2} = \frac{\pi R^2}{4\pi d^2} = \frac{\text{jendela detektor}}{4\pi d^2}\quad (7)$$

Persamaan (7) tetap valid untuk detektor non-silinder jika jarak detektor-sumber lebih besar dari diameter permukaan detektor.



Gambar 5. (a) Detektor berjarak d dari detektor. (b) Sumber dibatasi dianggap pada pusat bola. Kerucut yang oleh sudut θ_0 menentukan luasan A_s (diferensial luas dA) pada permukaan bola.

C. Sudut Ruang Untuk Sumber Berbentuk Piringan Sejajar Detektor Yang Berjendela Lingkaran

Anggap sumber berbentuk piringan sejajar dengan permukaan detektor yang berbentuk lingkaran (Gambar 5). Dimulai dengan persamaan (2), yang mengikuti fungsi Bessel

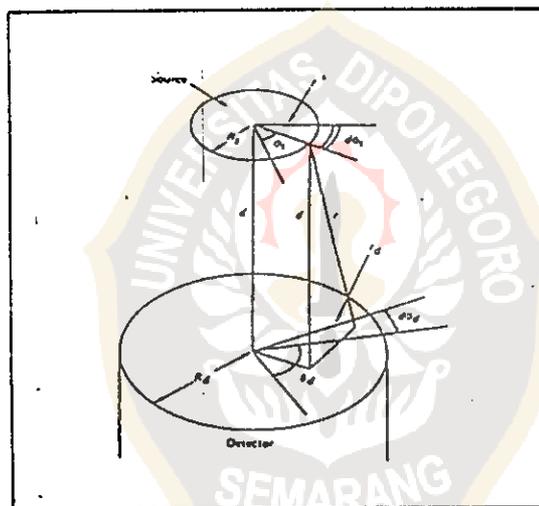
$$\Omega = \int_0^{\infty} dx e^{-xz} \frac{J_1(x)}{x} J_1(xs) \quad (8)$$

dimana $s = \frac{R_d}{R_s}$, $z = \frac{d}{R_s}$, dan $J_1(x)$ = fungsi Bessel tingkat pertama. Jika R_d/d dan R_s/d lebih kecil dari 1, sudut ruang :

$$\Omega = \omega^2/4 \left\{ 1 - 3/4(\psi^2 + \omega^2) + 15/8 \left(\frac{\psi^4 + \omega^4}{3} + \psi^2\omega^2 \right) - 35/16 \left[\frac{\psi^6 + \omega^6}{4} + 3/2 \psi^2\omega^2(\psi^2 + \omega^2) \right] \right\} \quad (9)$$

dengan $\psi = R_s/d$

$\omega = R_d/d$



Gambar 6. Sumber piringan dan detektor dengan permukaan lingkaran.

D. Sudut Ruang Antara Dua Piringan Non-Paralel Yang Membentuk Sudut θ

Sudut ruang antara sumber dan detektor yang berbentuk piringan yang membentuk sudut θ adalah (Nicholas T., 1988)

$$\Omega = \omega^2/4 \{1 - 3/4[\omega^2 + \psi^2(1 + \sin^2 \theta)] + 15/8 \left[\frac{\psi^4 + \omega^4}{3} + \psi^2\omega^2 + \psi^2(1 + 1/4\omega^2 + 2/3\psi^2)\sin^2 \theta\right]\} \quad (10)$$

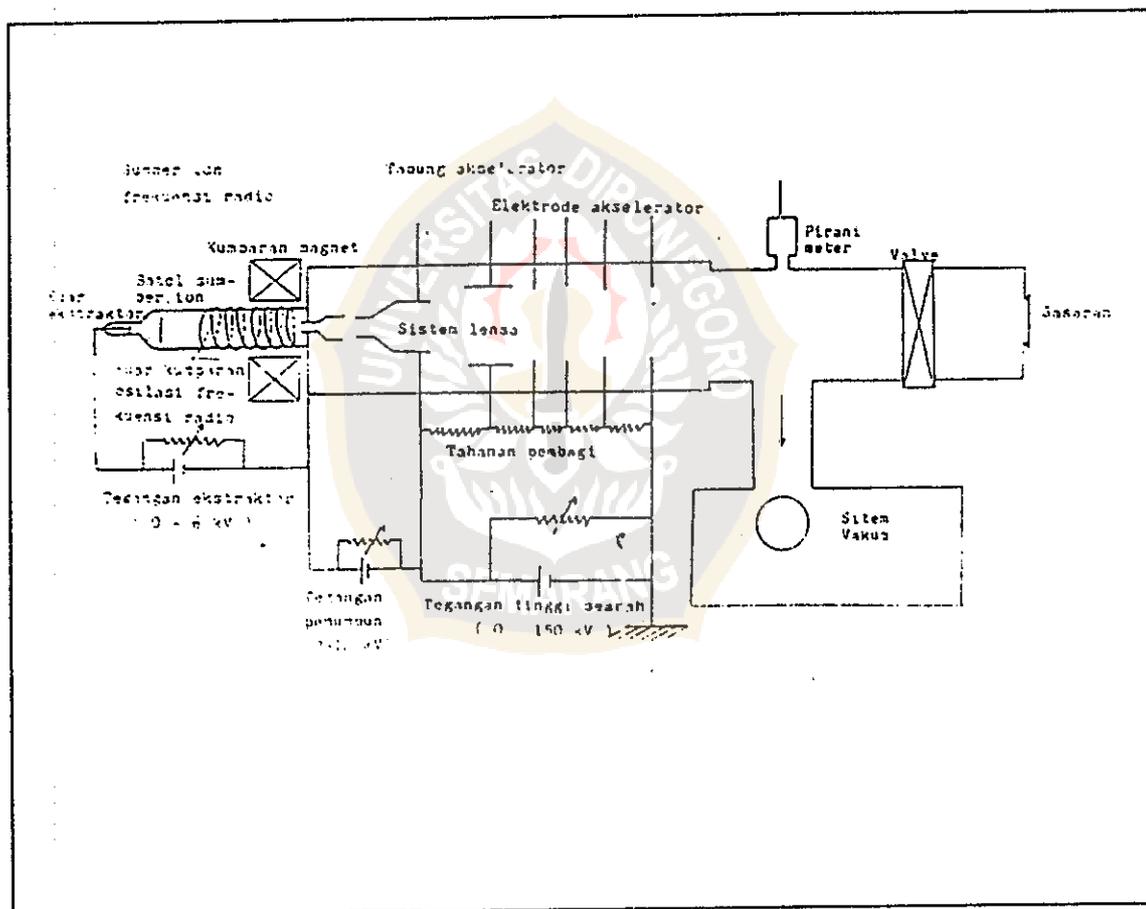
dengan $\psi = R_s/d$

$\omega = R_d/d.$



LAMPIRAN C GENERATOR NEUTRON

Generator neutron adalah salah satu jenis akselerator penghasil neutron. Secara umum reaksi penghasil neutron dituliskan sebagai $A(x,n)B$. Partikel x dipercepat sampai mempunyai tenaga kinetik tertentu, sehingga bila mengenai sasaran A memungkinkan terjadinya reaksi inti.



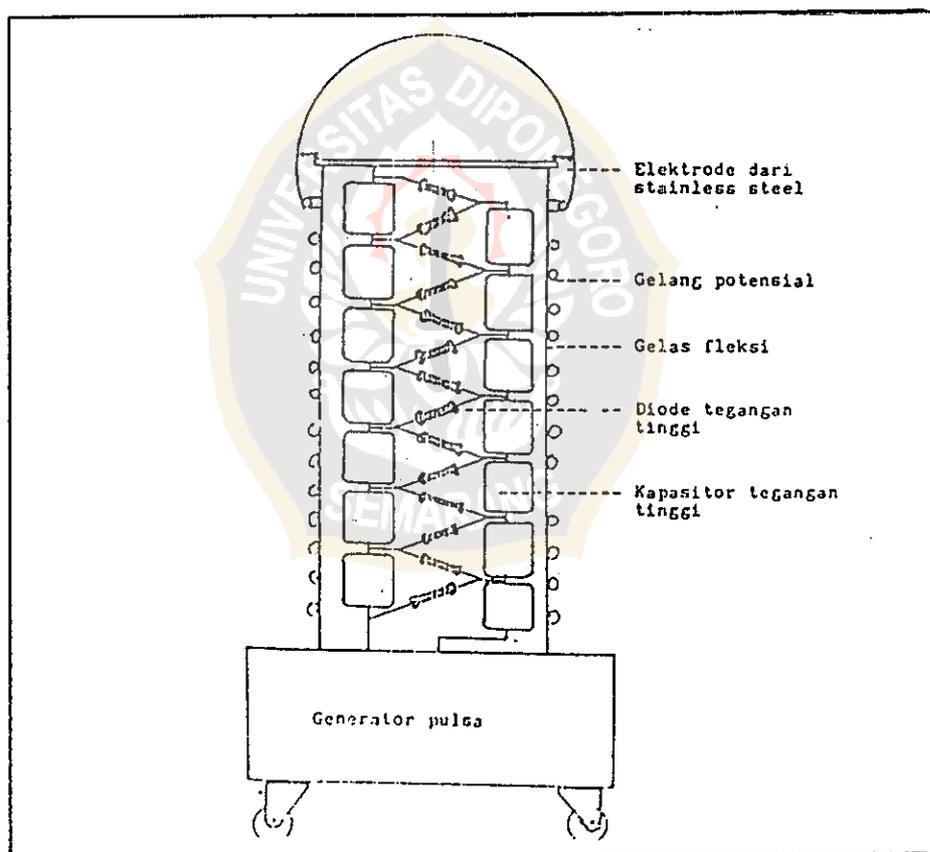
Gambar C - 1. Skema generator neutron

Bagian-bagian utama generator neutron terdiri dari :

1. Sumber tegangan tinggi
2. Sumber ion
3. Sistem lensa
4. Tabung akselerator
5. Sistem hampa
6. Sasaran (target)
7. Sistem kendali

1. Sumber Tegangan Tinggi

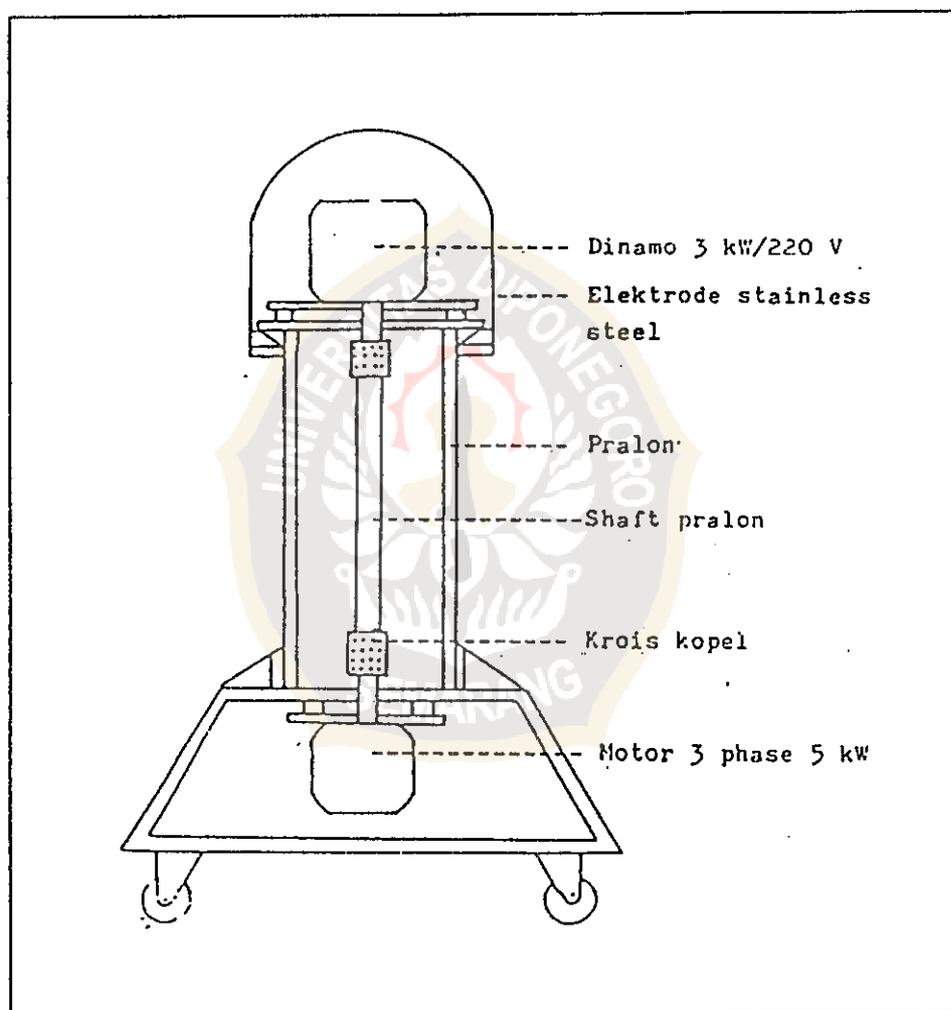
Generator tegangan tinggi yang digunakan adalah generator "*Cockroft - Walton*", yaitu suatu "*Voltage multiplier*" yang terdiri dari dua baris kapasitor yang



Gambar C - 2. Generator Cockroft-Walton.

dihubungkan oleh diode-diode. Jadi generator Cockroft - Walton merupakan susunan dari beberapa penyearah yang rangkaiannya seperti Gambar C - 2.

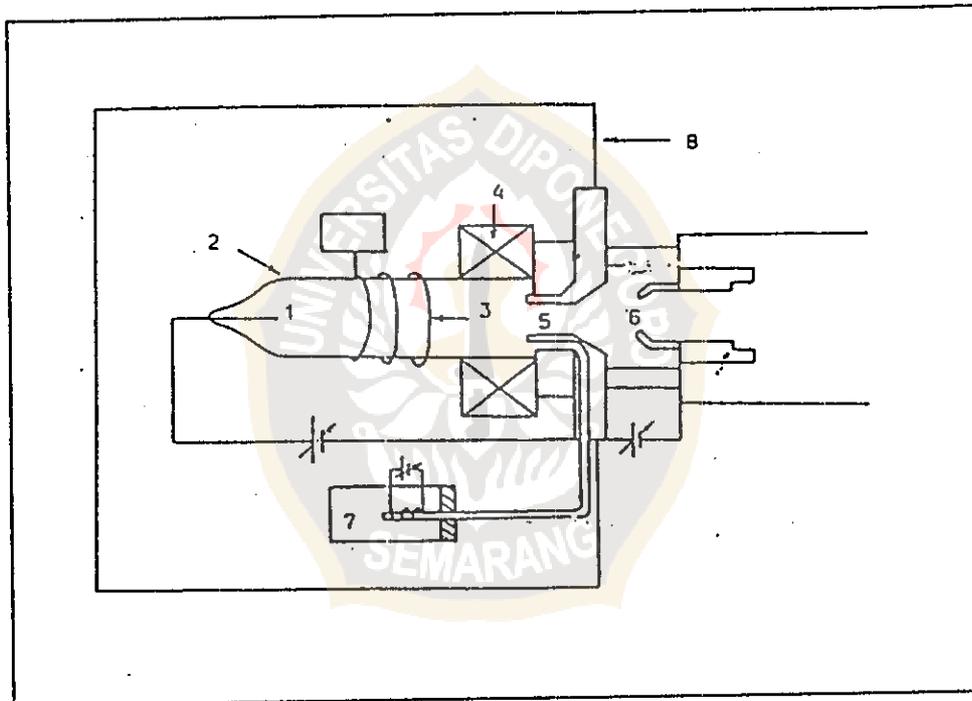
Untuk keperluan tegangan tinggi sumber ion, tegangan ekstraktor dan tegangan pemumpun digunakan sumber daya dari luar, dalam hal ini digunakan suatu motor generator, seperti pada Gambar C - 3.



Gambar C - 3. Motor Generator

2. Sumber Ion

Dalam sumber ion, suatu gas (misalnya deuterium) diionisasi kemudian ditarik keluar dan selanjutnya dipercepat. Ada beberapa macam sumber ion yang masing-masing mempunyai kelebihan dan kelemahan sendiri-sendiri. Untuk sumber ion tipe RF ("Radio Frekuensi"), gas diionisasi dengan memberikan energi gelombang elektromagnet berfrekuensi tinggi (dalam orde MHz) kepada atom-atom gas agar ia mampu melepaskan elektron.



Gambar C - 4. Sumber ion tipe RF

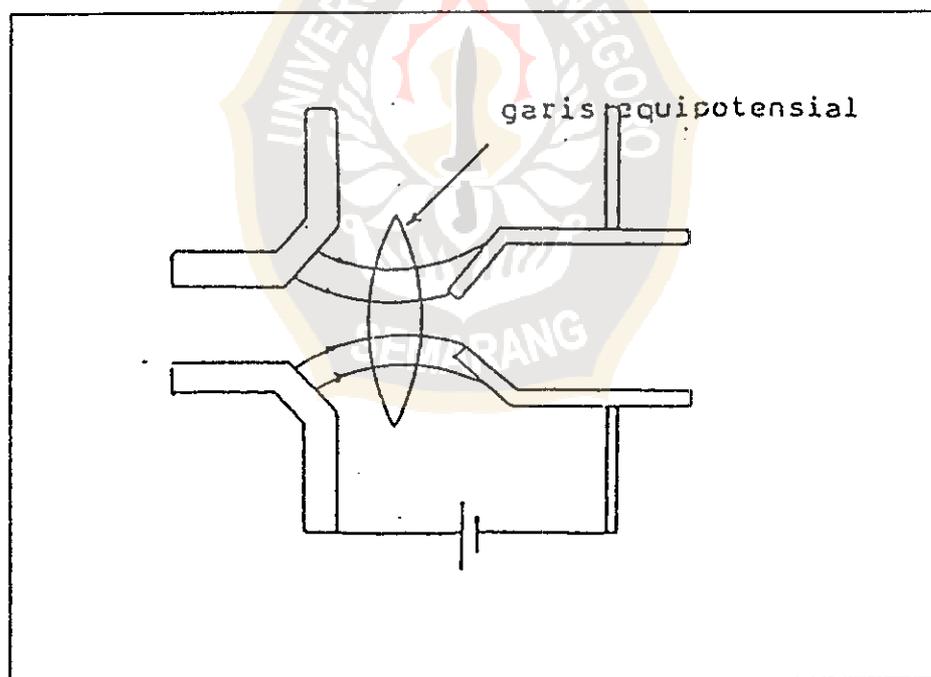
Keterangan Gambar C - 4.

1. Ekstraktor

2. Tabung ion
3. Kumparan penghasil gelombang elektromagnet
4. Kumparan magnetik
5. Saluran
6. Lensa sela
7. Sumber gas
8. Elektrode yang dihubungkan dengan tegangan tinggi.

3. Sistem Lensa

Berkas ion yang keluar dari sumber ion akan cenderung menyebar sehingga diperlukan suatu lensa pemumpun berkas,



Gambar C - 5. Bidang ekuipotensial antara saluran dan lensa sela.

yaitu berupa elektrode yang diberi perbedaan tegangan yang mengakibatkan timbulnya medan listrik. Garis-garis tegak lurus medan dinamakan garis ekuipotensial dan garis inilah yang berbentuk lensa dan berfungsi sebagai pemumpun berkas partikel bermuatan.

4. Tabung Akselerator

Di dalam tabung akselerator terdapat elektrode-elektrode pembagi potensial dengan tegangan yang semakin negatif terhadap elektrode sebelumnya. Elektrode-elektrode ini selain bekerja sebagai pemercepat berkas ion juga berfungsi sebagai pemumpun, karena medan yang timbul diantara elektrode-elektrode tersebut membentuk bidang ekuipotensial yang merupakan lensa bagi partikel bermuatan.

Pada bagian ujung tabung akselerator terdapat suatu lensa untuk mengarahkan berkas ion, dengan mengatur tegangan lensa tersebut, akan didapatkan berkas yang terpumpun atau sejajar. Suatu rumus pendekatan untuk mendapatkan berkas terpumpun atau sejajar adalah

$$f = \frac{4V_f}{dV/dx}$$

dimana f jarak pumpun; V_f tegangan lensa pemumpun dan dV/dx gradien potensial sepanjang tabung akselerator.

5. Sistem Hampa

Dalam suatu operasi generator neutron diperlukan tingkat kehampaan yang tinggi. Tingkat kehampaan yang ideal bagi

akselerator yang dipakai untuk produksi neutron adalah antara 10^{-5} sampai dengan 10^{-6} mmHg. Untuk memperoleh kehampaan tersebut, digunakan pompa rotari dan pompa difusi yang bekerja bersama-sama selama operasi.

6. Sasaran (Target)

Sasaran untuk keperluan akselerator produksi neutron terdiri atas 3 bagian, yaitu :

1. Logam penguat, yaitu logam tempat sasaran menempel. Logam yang digunakan harus mempunyai kalor jenis tinggi sehingga dapat menyerap kalor sebanyak-banyaknya, dan logam penguat ini harus tipis (sekitar $1000 \text{ }^{\circ}\text{A}$), untuk memperkecil kehilangan neutron. Logam yang sering digunakan adalah tembaga (Cu), perak (Ag) dan Wolfram (W).
2. Unsur impregnasi ("*impregnated element*"), unsur ini digunakan sebagai perantara antara logam penguat dengan sasaran utama. Unsur impregnasi yang sering digunakan adalah titanium (Ti) dan zirconium (Zr).
3. Sasaran utama ("*Principle Target*"), yaitu unsur sebagai sasaran yang sesungguhnya (deutrium atau tritium).

Sebagai contoh untuk sasaran Ti - ^3H dapat dibuat dari logam titanium dengan ketebalan 1 mgram/cm^2 yang diperkaya dengan tritium dengan perbandingan atom 1.

Sasaran tidak bisa dipakai terus menerus dan pada suatu saat debit neutron akan menurun sehingga kurang

efektif untuk aktivasi. Oleh karena itu pada sasaran dikenal istilah umur sasaran yang didefinisikan sebagai:

$$T = \frac{I \cdot t_{1/2}}{A}$$

dimana T umur sasaran (mA jam/cm²); I kuat arus berkas ion (mA); t_{1/2} waktu untuk mencapai setengah debit (jam) dan A luas sasaran (cm²).

7. Sistem Kendali

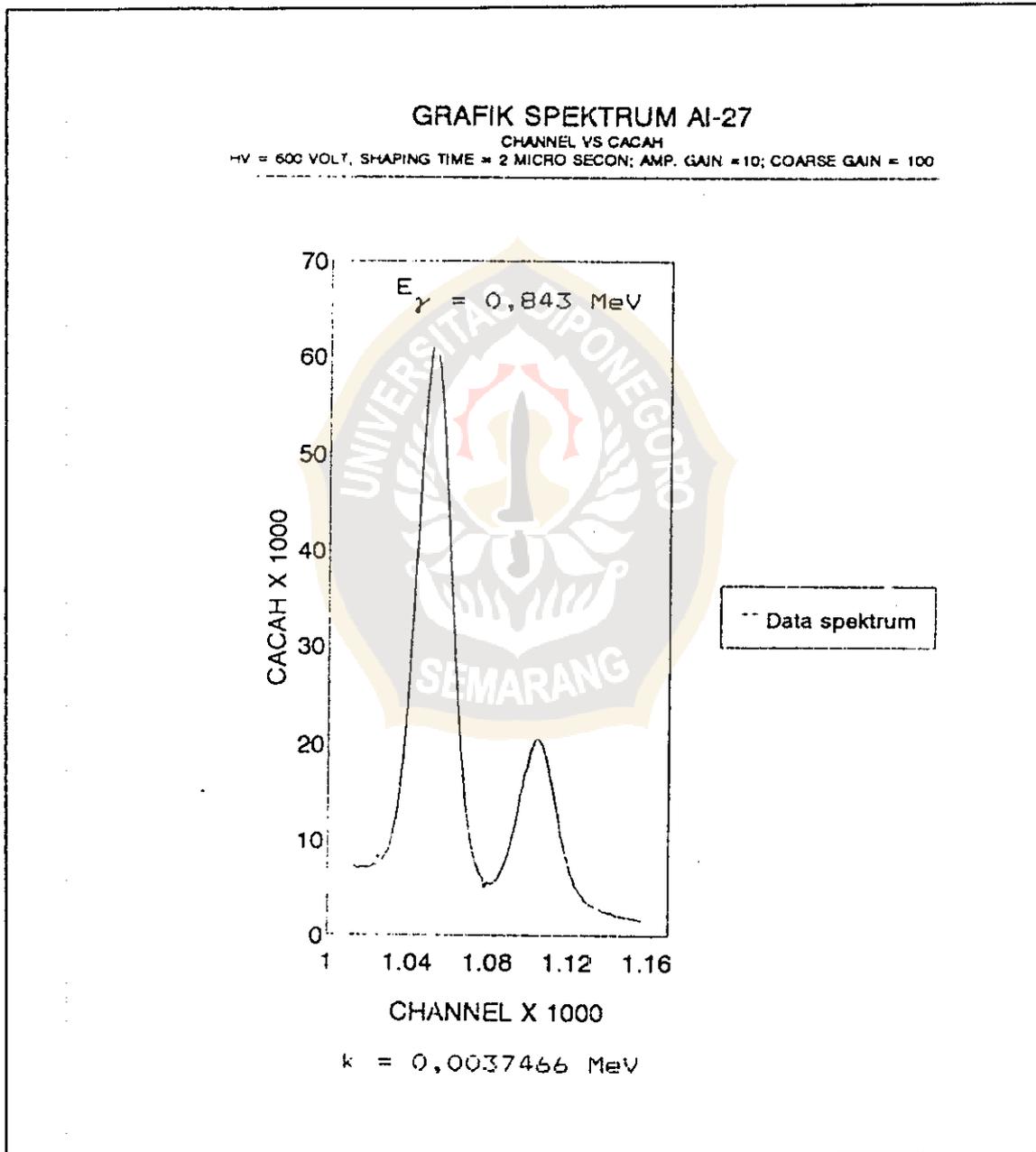
Pada waktu mesin generator neutron dioperasikan semua peralatan dikendalikan dari meja kendali. Antara ruang kendali dan ruang generator neutron diberi suatu perisai radiasi, yaitu yang berupa dinding beton yang menjaga keselamatan kerja bagi para pekerja radiasi.

Sistem kendali yang terdapat pada meja kendali meliputi :

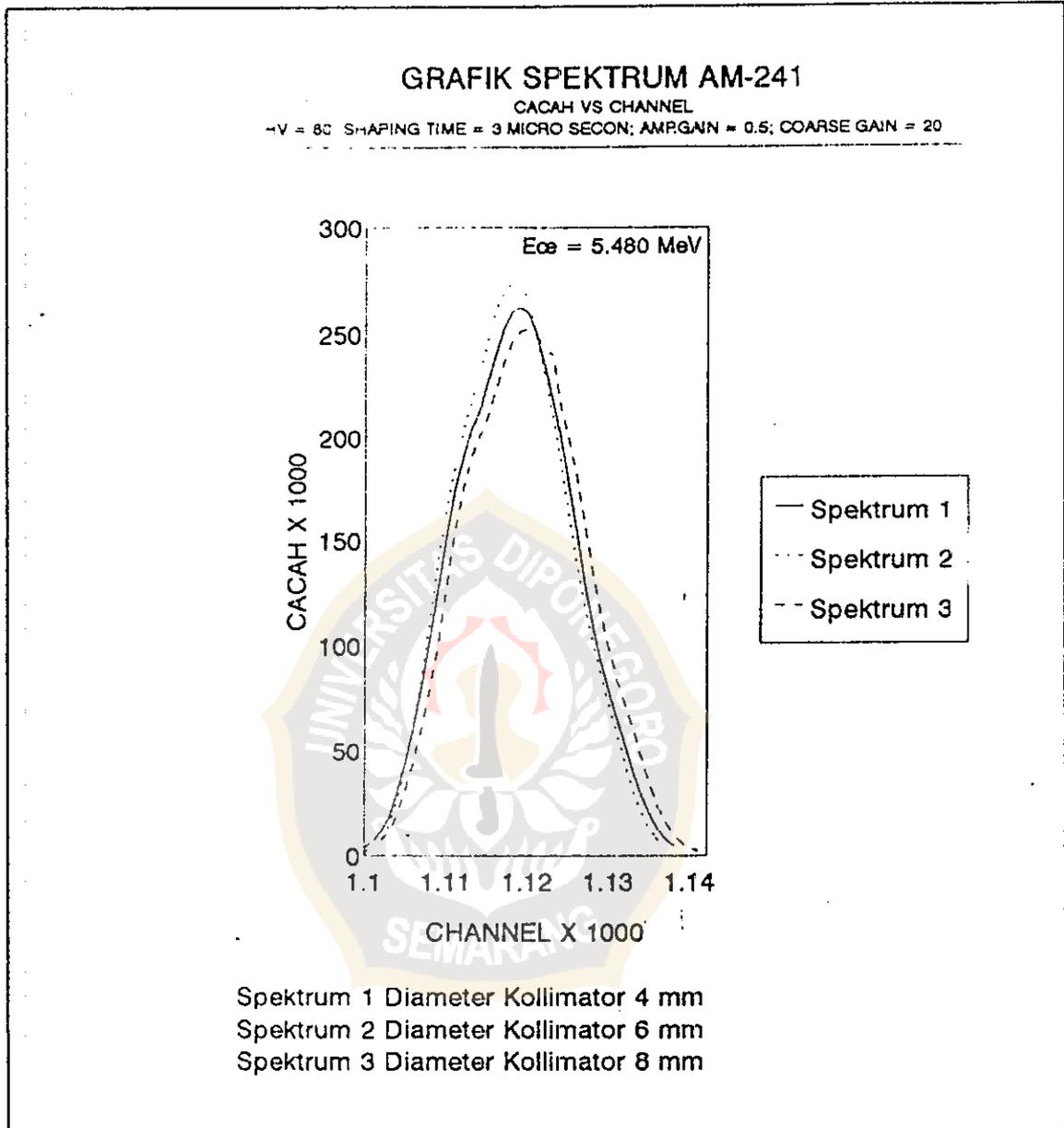
1. Alat pengendali medan magnet sumber ion.
2. Alat pengendali aliran gas masuk ke dalam sumber ion.
3. Alat pengendali tegangan ekstraktor.
4. Alat pengendali tegangan pemumpun.
5. Alat pengendali tegangan Cockroft-Walton.
6. Alat pengendali motor generator
7. Beberapa meter untuk: tegangan tinggi, arus berkas ion dan kehampaan.
8. Lampu-lampu indikator.

LAMPIRAN E

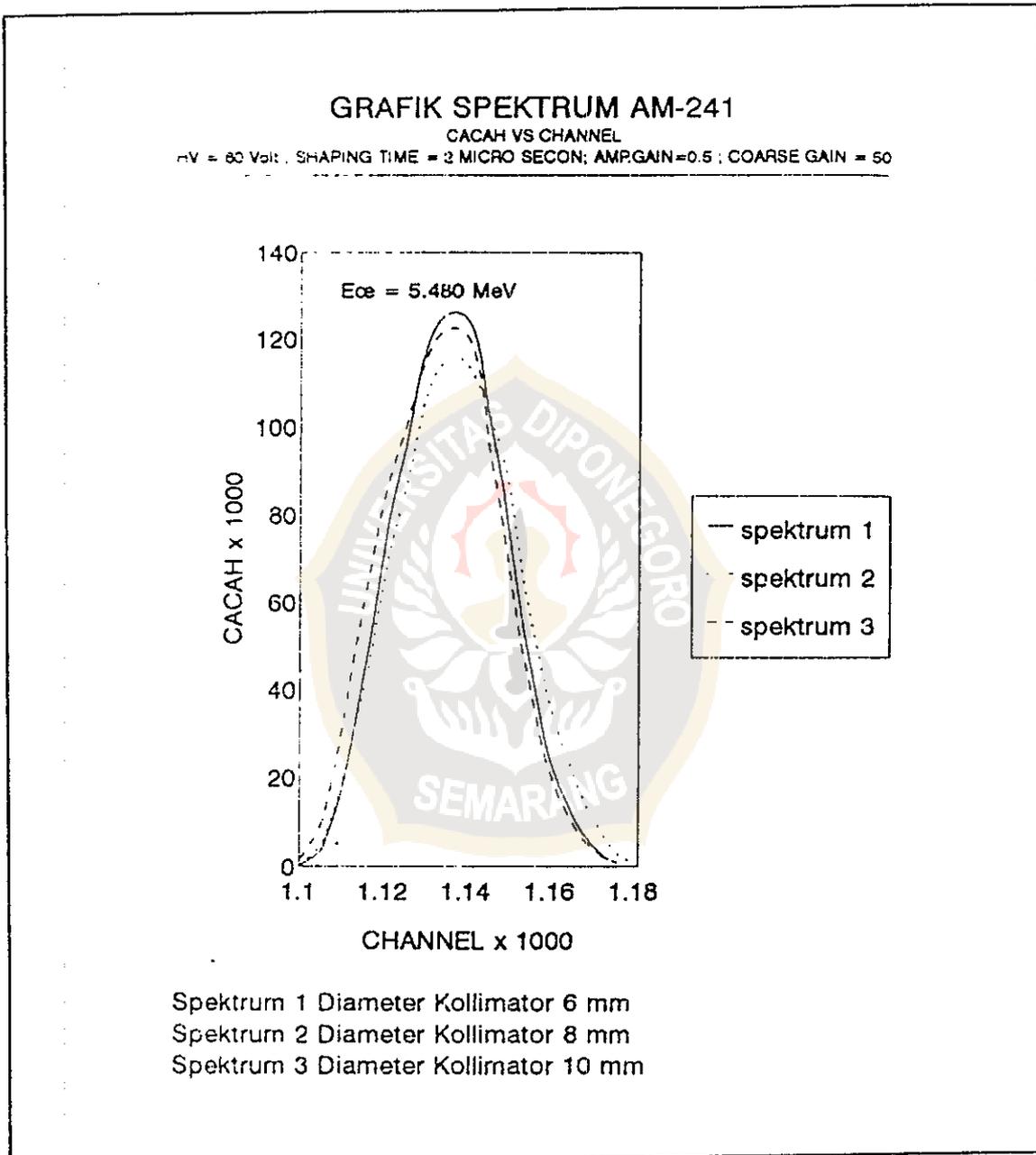
SPEKTRUM ALUMINIUM HASIL AKTIVASI NEUTRON CEPAT



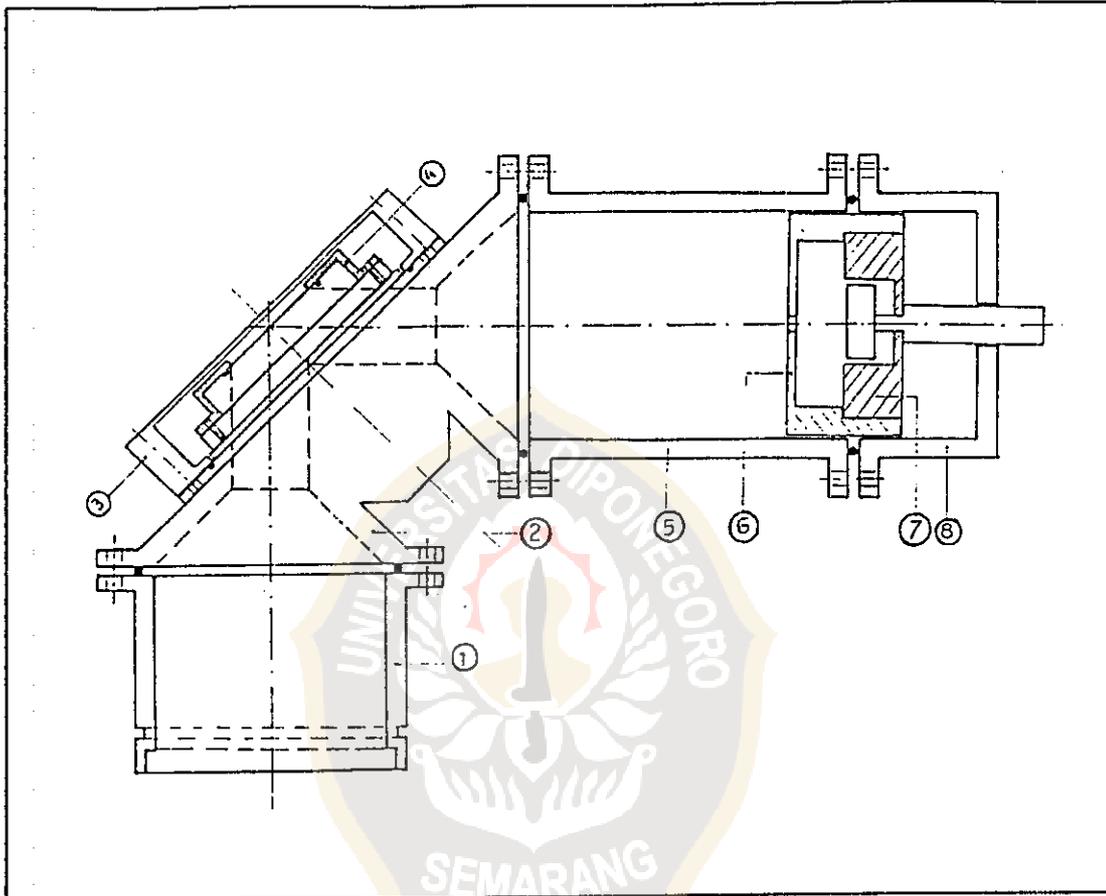
LAMPIRAN F
SPEKTRUM AM-241. I



LAMPIRAN G
SPEKTRUM AM-241. II



LAMPIRAN H
SISTEM KEPALA METODE PARTIKEL ASSOSIASI



Gambar 1. Susunan tempat pemegang tritium

- | | |
|----------------------|----------------------|
| 1. Sambungan | 5. Sambungan |
| 2. Pembelok 90° | 6. Kolimator |
| 3. Sungkup Pendingin | 7. Pemegang detektor |
| 4. Pemegang target | 8. Penutup |