

PENENTUAN KARAKTERISTIKA SUMBER RADIASI SINAR-X dan SINAR- γ

Oleh :
Ir. Suhariningsih

KPS
KR
539.2
Suh
jo



Dibiayai oleh :
DIP/PO SUPPLEMENT O&M
1988/1989

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA
1989

ABSTRAK

Sinar-X dan sinar γ adalah sinar radioaktif yang besar akti-
tasnya dapat diukur melalui alat detekti radiasi dan banyaknya energi
radiasi yang diserap per satuan massa medium disebut dosis serap atau
biasa disebut dosis. Hubungan antara laju dosis dengan jaraknya ter-
hadap sumber radiasi mengikuti hukum kuadrat terbalik.

Penelitian ini bertujuan mencari besarnya tetapan yang menun-
jukkan karakteristik sumber radiasi (k) untuk sinar-X dan sinar γ ,
karena dengan mengetahui karakteristik bagi suatu sumber kita dapat
memanfaatkannya untuk keperluan therapi sesuai dengan dosis yang di-
kehendaki.

Dengan menggunakan metode regresi linier dapat ditentukan be-
sarnya nilai k dan hasil penelitian menunjukkan bahwa k pada teori
tidak sama dengan k pada percobaan, ini disebabkan karena aktivitas
sumber pada teori tidak sama dengan aktivitas sumber yang digunakan
pada percobaan, disamping juga keterbatasan peralatan pemunjang per-
cobaan.

KATA PENGANTAR

Berkat karunia Tuhan Yang Mahakuasa, penelitian serta tulisan ini dapat dihasilkan tanpa mendapat rintangan yang berarti.

Penelitian tentang Penentuan Karakteristika Sumber Radiasi sinar-X dan sinar γ , yang bersifat penelitian mandiri dilakukan untuk meningkatkan ketrampilan meneliti sebagai staf pengajar dalam pengembangan ilmu.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada bapak Drs. M. Sistojo Pramudiswojo sebagai pembimbing penelitian ini. Disamping itu penulis juga mengucapkan terima kasih kepada kepala laboratorium Radiologi RSUD DR. Soetomo beserta stafnya yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian maupun fasilitas yang diberikan sehingga buku ini tersusun.

Terakhir penulis mengharapkan adanya kritik yang membangun untuk kesempurnaan tulisan ini.

Surabaya

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|-----|
| ABSTRAK | i |
| KATA PENGANTAR | ii |
| DAFTAR ISI | iii |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1 |
| BAB 2 LANDASAN TEORI | 2 |
| I. Sumber radiasi | 2 |
| II. Sifat-sifat sinar-X dan sinar γ | 3 |
| III. Faktor geometri | 5 |
| IV. Besaran dan satuan radiasi | 7 |
| V. Hubungan laju dosis dan jarak | 10 |
| VI. Detektor berisi gas | 11 |
| BAB 3 PERALATAN PENUNJANG PERCOBAAN | 13 |
| BAB 4 PERCOBAAN | 14 |
| I. Jalannya percobaan | 14 |
| II. Data percobaan | 15 |
| III. Analisis data | 16 |
| BAB 5 PEMBAHASAN dan KESIMPULAN | 20 |
| DAFTAR PUSTAKA | 22 |

BAB 1

PENDAHULUAN

Sinar-X dan sinar γ adalah sinar radioaktif yang tidak dapat dilihat oleh mata (radiasi foton), namun demikian adanya sinar radioaktif dan besar aktivitasnya dapat diamati dan diukur melalui alat deteksi radiasi.

Salah satu sifat sinar radioaktif adalah dapat mengionisasi medium gas yang dilaluinya, sehingga sinar-sinar radioaktif sering disebut sinar-sinar pengion. Interaksi sinar-sinar pengion dengan bahan secara langsung atau tidak langsung dapat menimbulkan perubahan pada bahan. Perubahan pada jaringan organik menimbulkan efek biologis yang mengubah proses kehidupan normal dari sel hidup. Perubahan biologis akibat radiasi bergantung kepada terserapnya sebagian energi oleh bahan atau jaringan, dan juga bergantung pada konsentrasi penyerap energi dalam bahan atau jaringan tersebut. Banyaknya energi yang diserap dalam suatu elemen volume yang bermassa tertentu disebut *d o s i s*. Hubungan antara laju dosis dengan jaraknya terhadap sumber mengikuti hukum kuadrat terbalik.

Penelitian ini bertujuan mencari besarnya nilai k (tetapan yang bergantung jenis sumber radiasi) untuk sinar-X dan sinar γ , karena dengan mengetahui besarnya nilai k bagi suatu sumber kita dapat memanfaatkannya untuk keperluan therapi sesuai dengan dosis yang dikehendaki.

Dengan menggunakan metode regresi linier dapat ditentukan besarnya nilai k dan hasil penelitian menunjukkan bahwa besarnya k bergantung jenis sumber radiasi (bab 5).

BAB 2

LANDASAN TEORI

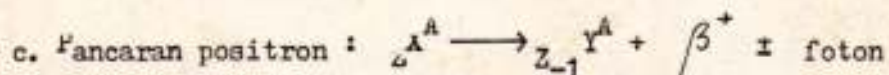
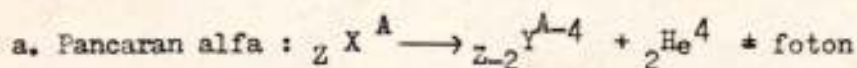
I. Sumber Radiasi

Radiasi yang digunakan di dalam dunia kedokteran pada umumnya berasal dari dua macam sumber utama yaitu bahan-bahan radioaktif dan alat - alat penghasil sinar-X.

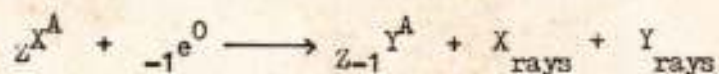
Beberapa prinsip dasar dari masing - masing sumber dapat digambarkan sebagai berikut :

1.1 Radiasi yang berasal dari bahan radioaktif

Secara ringkas proses pemecahan radioaktif bisa dilukiskan dengan cara,



d. Penangkapan elektron dari kulit atom ke dalam inti :

catatan

X dan Y = nama atom

A = jumlah proton dan neutron

Z = jumlah proton

Dari gambaran di atas tampak bahwa proses pemecahan inti atom (X) selalu ditandai dengan berubahnya inti atom (Y) dengan sendirinya juga berubah sifat atom tersebut. Dalam proses ini sering terjadi pula dilepaskannya foton yang berupa sinar-X atau sinar γ .

1.2. Alat sinar-X

Dasar - dasar dari alat sinar-X dapat diuraikan sebagai berikut,

- a. Sumber listrik yang kuat dengan tegangan yang tinggi digunakan untuk mengalir dua kutub listrik (katoda dan anoda) di dalam tabung yang vakum.
- b. Pada saat katoda mendapat aliran listrik dengan tegangan tinggi, pada waktu yang bersamaan katoda tersebut juga dipanaskan sampai 2000°C sehingga katoda tadi merupakan sumber elektron. Karena adanya perbedaan tegangan yang tinggi antara katoda dan anoda maka sekarang terjadilah pancaran elektron menuju ke anoda dengan kecepatan tinggi. Karena ruangan yang dilalui adalah hampa udara maka elektron-elektron tersebut tanpa terganggu oleh molekul-molekul udara akan menumbuk lempeng anoda.
- c. Tumbukan antara elektron dan anoda akan menghasilkan sinar-X. Namun sebenarnya perubahan dari energi kinetik elektron yang diubah menjadi sinar-X tadi hanya sebagian kecil saja, sedang sebagian besar diubah menjadi energi panas. Selanjutnya sinar-X yang dihasilkan, dikumpulkan kemudian difokuskan untuk mengurangi sekecil mungkin adanya sinar yang terhambur atau terpantul di sekitar anoda tadi.

II. Sifat-sifat sinar-X dan sinar γ .

Sinar-X dan sinar γ dalam kedokteran sering digunakan karena sifat-sifatnya yang baik untuk tujuan diagnostik maupun terapi.

Dari banyak sifat-sifat sinar-X maupun sinar γ yang telah kita kenal, di dalam laporan penelitian ini hanya beberapa sifat saja yang akan diuraikan.

- a. Sinar-X dan sinar γ adalah gelombang elektromagnetik yang memiliki panjang gelombang amat pendek, Karena panjang gelombangnya sangat pendek maka sinar-X maupun sinar γ mempunyai daya tembus yang sangat besar.

Persamaan energinya adalah : $E = h \nu$

dengan ketentuan E = energi foton sinar-X atau sinar γ .

h = konstanta Planck.

ν = frekuensi.

- b. Sinar-X dan sinar γ bila dilewatkan pada bahan setebal x , maka intensitasnya berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya ketebalan bahan. Secara matematis dapat di tulis,

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

dengan ketentuan I_0 = intensitas awal

I = intensitas setelah melalui bahan

μ = koefisien penyerapan bahan

x = tebal bahan

- c. Sinar-X dan sinar γ terpancar dari sumber sama rata ke segala arah dan mengikuti hukum kuadrat terbalik,

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{d_2^2}{d_1^2}$$

dengan ketentuan I_1 = intensitas pada jarak d_1

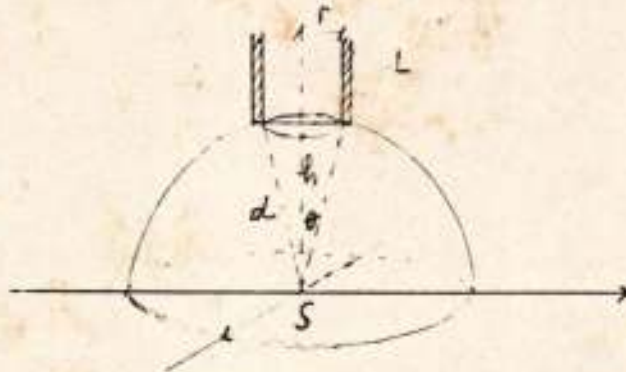
I_2 = intensitas pada jarak d_2

d = jarak terhadap sumber

- d. Sinar-X dan sinar γ dapat menimbulkan efek biologis.
- e. Sinar-X dan sinar γ dapat mengionisasi medium gas yang dilaluinya sehingga sering disebut sinar-sinar pengion.

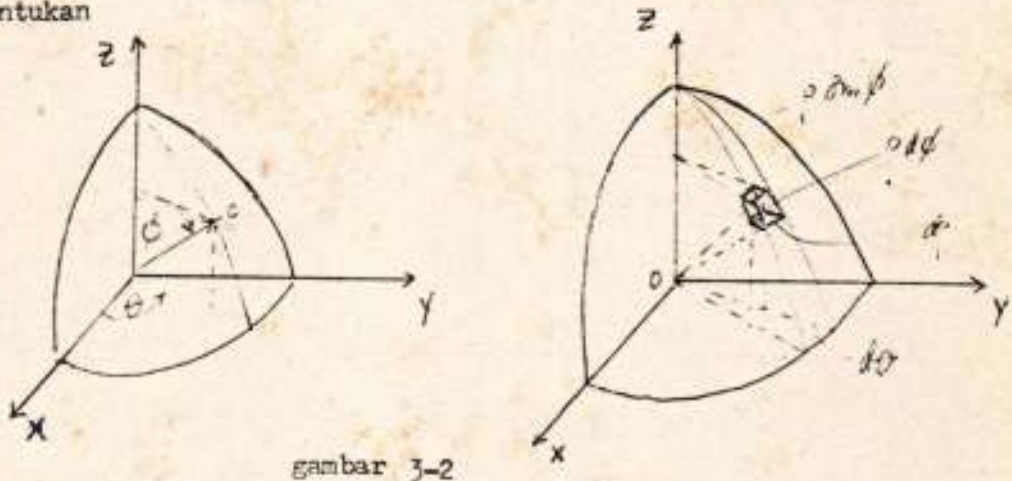
III. Faktor Geometri

Sinar-X maupun sinar γ terpancar dari sumbernya sama rata ke segala arah. Sebagian radiasi yang masuk ke jendela detektor adalah sebagai fungsi jari-jari tabung (r) dan jarak sumber (h) ke jendela tabung.



gambar 3-1

Faktor geometri G adalah perbandingan antara daerah L pada bola yang dibatasi jendela dan daerah seluruh bola. Untuk menentukan luas L yang dibatasi jendela digunakan koordinat bola. Dari gambar 3-2 dapat ditentukan



gambar 3-2

$$x = \rho \sin \phi \cos \theta$$

$$y = \rho \sin \phi \sin \theta$$

$$z = \rho \cos \phi$$

Jika dinyatakan dalam ρ , ϕ dan θ perubahannya adalah $d\rho$, $d\phi$ dan $d\theta$.

Elemen volume pada gambar 3-2 adalah,

$$dV_{\rho\phi\theta} = d\rho \cdot \rho d\phi \cdot \rho \sin\phi d\theta \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$= \rho^2 \sin\phi d\rho d\phi d\theta$$

$$V = \int_0^\phi \int_0^{2\pi} \int_0^\rho \rho^2 \sin\phi d\rho d\phi d\theta \quad \dots\dots\dots (2)$$

bila diselesaikan akan diperoleh

$$V = \frac{2\pi\rho^3}{3} (1 - \cos\phi) \quad \dots\dots\dots (3)$$

Luas permukaan volumenya dapat diperoleh dengan menurunkan persamaan (3) terhadap ρ ,

$$L = \frac{dV}{d\rho} = 2\pi\rho^2 (1 - \cos\phi) \quad \dots\dots\dots (4)$$

Pada gambar 3-1, $\rho = d$ dan $\phi = \theta$, sehingga persamaan (4) menjadi

$$L = 2\pi d^2 (1 - \cos\theta) \quad \dots\dots\dots (5)$$

Faktor geometri G, dapat dinyatakan sebagai,

$$G = \frac{L}{4\pi d^2} \quad \dots\dots\dots (6)$$

Jika persamaan (5) disubstitusikan ke dalam persamaan (6) diperoleh

$$\begin{aligned} G &= \frac{2\pi d^2 (1 - \cos\theta)}{4\pi d^2} \\ &= \frac{1}{2} (1 - \cos\theta) \quad \dots\dots\dots (7) \end{aligned}$$

Jika persamaan (7) dinyatakan dalam h dan r maka didapat

$$G = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{h}{(h^2 + r^2)^{\frac{1}{2}}} \right) \quad \dots\dots\dots (8)$$

Jika sumber diletakkan agak jauh dari detektor dapat dianggap bahwa luas jendela hampir sama dengan luas L pada bola yang dibatasi jendela, dan h hampir sama dengan d , jadi

$$G = \frac{\pi r^2}{4 \pi d^2}$$

$$= \frac{r^2}{4 d^2} \approx \frac{r^2}{4 h^2} \dots\dots\dots (9)$$

Pada persamaan (9) tampak bahwa d^2 atau h^2 sangat berperan, ini menunjukkan bahwa penerapan hukum kuadrat terbalik terpenuhi, dan aktivitas yang teramati akan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak sumber dari detektor.

IV. Besaran dan satuan radiasi

Untuk dapat membahas tingkat bahaya radiasi secara kuantitatif diperkenalkan konsep besaran dosis radiasi, yang dikaitkan dengan banyaknya energi radiasi yang diserap oleh bahan yang dilaluinya. Berkaitan dengan hal ini, di dalam pengetahuan mengenai keselamatan radiasi dikenal tiga macam dosis.

4.1. Nilai penyinaran (Exposure), yaitu kemampuan radiasi sinar-X atau sinar γ untuk menimbulkan ionisasi pada medium tertentu. Satuan untuk besaran dosis ini adalah rentgen (R) yang didefinisikan sebagai,

1 R = satu satuan muatan listrik dari semua jenis ion satu tanda yang ditimbulkan oleh foton di dalam udara dalam volume udara dengan massa satu satuan massa.

sehingga $1R = 1 \text{ sme/g}$ (sme = satuan muatan elektrostatik)

Dalam satuan standart internasional, $1R = 2.58 \times 10^{-4}$ coulomb.

Disamping nilai penyinaran, dikenal pula laju penyinaran (exposure rates) yang menyatakan besar penyinaran per satuan waktu. Satuan yang biasa digunakan ialah R/jam atau mR/jam.

- 4.2. Dosis serap (Absorbed dose), yaitu jumlah energi radiasi (semua jenis radiasi pengion) yang diserap oleh satu satuan massa bahan atau medium yang dilaluinya. Satuan dari dosis serap adalah r a d (radiation absorbed dose) yang didefinisikan sebagai,

$$1 \text{ rad} = 100 \text{ erg/g}$$

Dalam satuan standart internasional, satuan dosis serap adalah Gray (Gy).

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ joule/kg}$$

Hubungannya dengan rad adalah

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ joule/kg} = 10^4 \text{ erg/g} = 100 \text{ rad}$$

- 4.3. Dosis setara atau dosis ekuivalen (equivalent dose), yaitu menyatakan jumlah energi radiasi yang diserap oleh satuan massa bahan atau medium yang dilaluinya dan sekaligus dikaitkan dengan efek biologisnya.

Satuan yang lazim digunakan adalah r e m (rontgen equivalent man), sedang dalam satuan standart internasional digunakan sievert (Sv).

$$1 \text{ Sv} = 1 \text{ joule/kg} = 100 \text{ rem}$$

- 4.4. Hubungan penyinaran dan dosis serap

a. Laju penyinaran dalam Ckg per detik dinyatakan dengan

$$\dot{X} = \frac{\phi \text{ foton/cm}^2 \text{ det} \times E \text{ MeV/foton} \times 1.6 \times 10^{-13} \text{ J/MeV} \times \mu_a \text{ cm}^{-1}}{\rho_a \text{ kg/cm}^3 \times 34 \frac{\text{J/kg}}{\text{C/kg}}} \dots\dots\dots (10)$$

dengan μ_a = koefisien penterapan energi radiasi
 untuk udara

ρ_a = kerapatan udara

b. Laju dosis yang terserap, dalam gray per detik dinyatakan dengan

$$\dot{D} = \frac{\phi \text{ foton/cm}^2 \text{ det} \times E \text{ MeV/foton} \times 1.6 \times 10^{-13} \text{ J/MeV} \times \mu_m \text{ cm}^{-1}}{\rho_m \text{ kg/cm}^3 \times 1 \frac{\text{J/kg}}{\text{Gy}}} \dots\dots\dots (11)$$

dengan μ_m = koefisien penyerapan energi radiasi
 untuk jaringan

ρ_m = kerapatan jaringan

Hubungan antara penyinaran dan dosis diperoleh dari nisbah persamaan (11) terhadap (10),

$$\frac{\dot{D}}{\dot{X}} = \frac{(\phi \times E \times 1.6 \times 10^{-13} \times \mu_m) / \rho_m}{(\phi \times E \times 1.6 \times 10^{-13} \times \mu_a) / (\rho_a \times 34)}$$

$$\dot{D} = 34 \times \frac{\mu_m / \rho_m}{\mu_a / \rho_a} \times \dot{X} \frac{\text{Gy}}{\text{det}} \dots\dots\dots (12)$$

Bila penyinaran dinyatakan dalam rontgen, maka untuk mendapatkan dosis jaringan dalam rad digunakan pernyataan,

$$\text{rad} = \frac{87.7}{100} \times \frac{\mu_m / \rho_m}{\mu_a / \rho_a} \times \text{rontgen.}$$

V. Hubungan laju dosis dan jarak sumber

Telah kita ketahui bahwa radiasi mempunyai sifat merusak.

Tingkat kerusakan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu :

1. Jenis sumber radiasi
2. Lama penyinaran
3. Jarak sumber radiasi terhadap obyek

Dalam penelitian ini yang dibahas adalah faktor ketiga yaitu faktor jarak. Makin dekat jarak antara sumber radiasi dengan obyek makin parah tingkat kerusakan yang terjadi. Paparan (penyinaran) radiasi berkurang dengan makin jauhnya jarak dari sumber radiasi. Bila kita mempunyai sumber radiasi yang kecil sekali (sumber titik) maka fluks radiasi pada jarak r dari sumber tersebut adalah berbanding terbalik dengan kuadrat jarak. Karena laju dosis sebanding dengan fluks maka laju dosis pun mengikuti hukum kuadrat terbalik sehingga dapat ditulis:

$$\dot{D} = k \frac{1}{d^2} \quad \dots\dots\dots (13)$$

dengan ketentuan \dot{D} = laju dosis, dalam R/jam

k = tetapan yang besarnya bergantung pada sumber

d = jarak, dalam cm

Persamaan (13) dapat di tulis

$$\log \dot{D} = \log k + 2 \log \frac{1}{d^2} \quad \dots\dots (14)$$

Konstanta k sebenarnya adalah merupakan perkalian antara konstanta spesifik sinar γ (Γ) dengan aktivitas bahan radioaktif yang dipakai sebagai sumber radiasi (A), jadi

$$k = \Gamma A \dots\dots\dots (15)$$

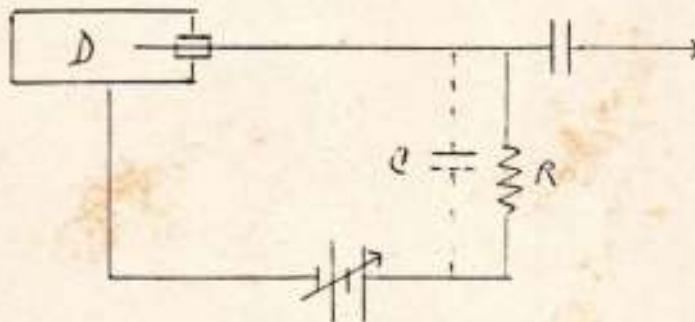
Konstanta spesifik sinar γ dapat diperoleh dari tabel bahan radioaktif.

Pengukuran laju dosis radiasi dari sebuah alat rontgen berbeda dengan laju dosis dari bahan radioaktif. Perhitungannya agak lebih sulit, hal ini disebabkan bergantung pada banyak faktor, seperti lamanya penyinaran, tegangan yang digunakan dan macam-macam filter di dalam alat tersebut.

Pada prakteknya untuk mengoperasikan alat rontgen kita perlu mengatur tombol-tombol antara lain, amperemeter, voltmeter, waktu penyinaran dan juga jarak antara obyek dengan target (sumber) yang ada di dalam alat rontgen.

VI. Detektor berisi gas

Prinsip dasar alat detektor berisi gas adalah sebagai berikut;



gambar 6-1

Sistem ini terdiri dari sumber tegangan yang berubah V , hambatan yang nilai ohmnya tinggi R , dan detektor yang berisi gas D . Semua kapasitansi pengganti dalam rangkaian adalah C .

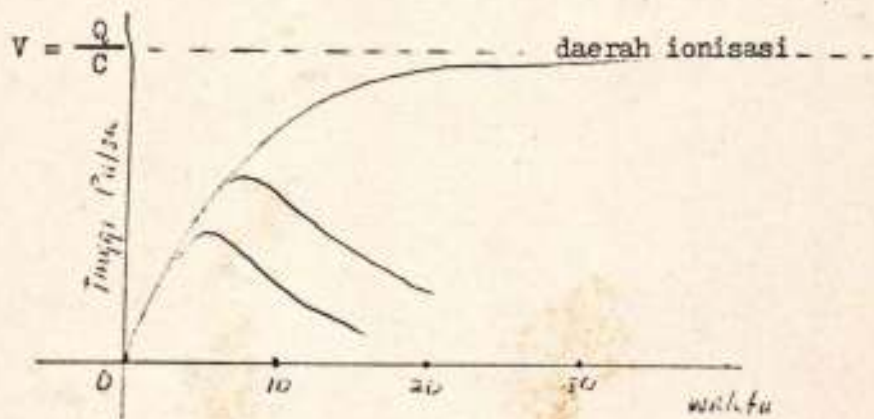
Karena produksi ion dalam detektor waktu terkena radiasi maka gas dalam detektor menjadi konduksi secara listrik. Bila konstanta waktu RC dari rangkaian detektor jauh lebih besar dari waktu yang diperlukan untuk mengumpulkan semua ion yang dihasilkan ketika satu partikel lewat melalui detektor, maka tegangan pulsa adalah

$$V = \frac{Q}{C} \dots\dots\dots (16)$$

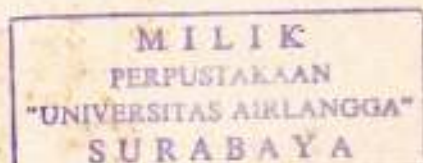
dengan Q = muatan total yang dikumpulkan

C = kapasitansi rangkaian

Bentuk keluaran akan tampak seperti gambar 6-2. Ukuran pulsa tidak bergantung pada tegangan tetapi hanya bergantung pada jumlah ion yang ditimbulkan oleh sinar pengion yang lewat detektor.



gambar 6-2



BAB 3

PERALATAN PENUNJANG PERCOBAAN

Pada percobaan mencari besarnya nilai k untuk sinar-X dan sinar γ melalui pengukuran laju dosis terhadap jarak, diperlukan seperangkat peralatan penunjang percobaan. Peralatan ini terdiri atas sumber radiasi dan pengukur laju dosis.

3.1. Sumber radiasi

a. Sinar-X : digunakan alat penghasil sinar-X buatan Siemens yang dioperasikan pada,

- tegangan 40 kV
- arus 32 mA
- waktu 0.06 detik
- luas lapangan 1 cm^2 (sumber titik)
- filter 1 mm Al

Prinsip kerja sinar-X telah dibahas di depan.

b. Sinar γ : digunakan dua sumber yaitu sinar γ dari

- ^{131}I dengan aktivitas 4.99×10^{-3} Ci
- ^{99}Mo dengan aktivitas 7.56×10^{-3} Ci

3.2. Pengukur laju dosis

- Digunakan alat detektor berisi gas : Aloka ICS - 15IU.56R565.
- Prinsip operasinya adalah bahwa radiasi berinteraksi dengan detektor dan respons yang ditimbulkannya sebanding dengan efek radiasi yang datang.

BAB 4

PERCOBAAN

I. Jalannya percobaan

Percobaan mencari besarnya nilai k melalui pengukuran laju dosis terhadap jarak sumber adalah sebagai berikut :

4.1. Sinar γ

- a. Sumber radiasi ^{131}I dengan aktivitas $4.99 \times 10^{-3} \text{Ci}$ dimasukkan dalam botol (10 cc); kemudian diletakkan dalam container yang telah dilubangi. Lubang tersebut dimaksudkan supaya radiasi yang terpancar merupakan sumber titik.
- b. Sumber radiasi diletakkan pada suatu tempat yang tetap. Alat detektor diletakkan pada jarak 10 cm dari sumber dan dibaca besarnya laju dosis di tempat tersebut. Demikian seterusnya dilakukan pembacaan laju dosis pada jarak 20 cm, 30 cm, sampai 100 cm.
- c. Dengan cara yang sama seperti pada percobaan a dan b dilakukan untuk sumber radiasi ^{99}Mo yang aktivitasnya $7.56 \times 10^{-3} \text{Ci}$.

4.2. Sinar-X

- a. Untuk sumber radiasi sinar-X digunakan alat rontgen yang diope-
rasikan pada tegangan 40 kV, arus 32 mA dan waktu 0.06 detik.
Filter pada alat 1mm Al, serta luas lapangan sumber dibuat 1 cm^2 .
- b. Setelah alat rontgen siap, alat detektor diletakkan pada jarak 200 cm dari target, kemudian alat rontgen dijalankan dan ter-
bacalah laju dosis di tempat tersebut. Pengukuran diteruskan pada jarak 210 cm, 220 cm, sampai 300 cm.

Percobaan ini dilakukan di bagian Radiologi RSUD DR. Soetomo .

II. Data percobaan

Data sumber : ^{131}I , aktivitas 4.99×10^{-3} Ci, sumber titik.

| No | \dot{D} (R/jam) | d (cm) |
|----|-------------------|--------|
| 1 | 0.00180 | 10 |
| 2 | 0.00090 | 20 |
| 3 | 0.00055 | 30 |
| 4 | 0.00035 | 40 |
| 5 | 0.00025 | 50 |
| 6 | 0.00020 | 60 |
| 7 | 0.00018 | 70 |
| 8 | 0.00015 | 80 |
| 9 | 0.00012 | 90 |
| 10 | 0.00008 | 100 |

Data sumber : ^{99}Mo , aktivitas 7.56×10^{-3} Ci, sumber titik.

| No | \dot{D} (R/jam) | d (cm) |
|----|-------------------|--------|
| 1 | 0.00800 | 10 |
| 2 | 0.00360 | 20 |
| 3 | 0.00200 | 30 |
| 4 | 0.00140 | 40 |
| 5 | 0.00084 | 50 |
| 6 | 0.00060 | 60 |
| 7 | 0.00046 | 70 |
| 8 | 0.00038 | 80 |
| 9 | 0.00035 | 90 |
| 10 | 0.00035 | 100 |

Data sumber : Sinar-X dari 40 kV, 32 mA, 0.06det,
filter 1 mm Al dan luas lapangan 1 cm².

| No | \dot{D} (R/jam) | d (cm) |
|----|-------------------|--------|
| 1 | 0.60 | 200 |
| 2 | 0.38 | 210 |
| 3 | 0.35 | 220 |
| 4 | 0.25 | 230 |
| 5 | 0.24 | 240 |
| 6 | 0.20 | 250 |
| 7 | 0.18 | 260 |
| 8 | 0.15 | 270 |
| 9 | 0.14 | 280 |
| 10 | 0.12 | 290 |
| 11 | 0.08 | 300 |

III. Analisa data

Besarnya nilai k dihitung dengan menggunakan rumus regresi linier yaitu,

$$a = \bar{Y} - b\bar{X}$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^N X_i Y_i - n \bar{X} \bar{Y}}{\sum_{i=1}^N X_i^2 - n \bar{X}^2}$$

dalam hal ini $Y = \log \dot{D}$ dan $X = \log \frac{1}{d}$

Data sumber : ^{131}I

| No | Y | X | X Y | X ² |
|----|--------|--------|-------|----------------|
| 1 | -2.744 | -1.000 | 2.744 | 1.0000 |
| 2 | -3.045 | -1.301 | 3.961 | 1.6926 |
| 3 | -3.259 | -1.477 | 4.813 | 2.1815 |
| 4 | -3.456 | -1.602 | 5.536 | 2.5664 |
| 5 | -3.602 | -1.699 | 6.119 | 2.8866 |
| 6 | -3.699 | -1.778 | 6.576 | 3.1612 |
| 7 | -3.744 | -1.845 | 6.907 | 3.4040 |
| 8 | -3.824 | -1.903 | 7.277 | 3.6214 |
| 9 | -3.920 | -1.954 | 7.659 | 3.8181 |
| 10 | -4.097 | -2.000 | 8.194 | 4.0000 |

$$\bar{Y} = -3.539, \quad \bar{X} = -1.656, \quad \sum XY = 59.786, \quad \sum X^2 = 28.331$$

$$\bar{X}^2 = 2.742$$

Hasil akhir diperoleh persamaan : $\log \bar{D} = 2.59 \log \frac{1}{d} - 1.3896$

$$\log k = -1.3896$$

$$k = 24.52$$

Data sumber : ^{99}Mo

| No | Y | X | X Y | X ² |
|----|--------|--------|-------|----------------|
| 1 | -2.097 | -1.000 | 2.097 | 1.0000 |
| 2 | -2.443 | -1.301 | 3.178 | 1.6926 |
| 3 | -2.699 | -1.477 | 3.986 | 2.1815 |
| 4 | -2.854 | -1.602 | 4.572 | 2.5664 |

| | | | | |
|----|--------|--------|-------|--------|
| 5 | -3.075 | -1.699 | 5.224 | 2.8866 |
| 6 | -3.222 | -1.778 | 5.728 | 3.1612 |
| 7 | -3.337 | -1.845 | 6.156 | 3.4040 |
| 8 | -3.420 | -1.903 | 6.508 | 3.6214 |
| 9 | -3.456 | -1.954 | 6.753 | 3.8181 |
| 10 | -3.602 | -2.000 | 7.204 | 4.0000 |

$$\bar{Y} = -3.020, \bar{X} = -1.656, \sum XY = 51.406, \sum X^2 = 28.331$$

$$\bar{X}^2 = 2.742$$

Hasil akhir diperoleh persamaan : $\log \bar{D} = 3.08 \log \frac{1}{d} - 0.466$

$$\log k = -0.466$$

$$k = 2.92$$

Data sumber : sinar-X

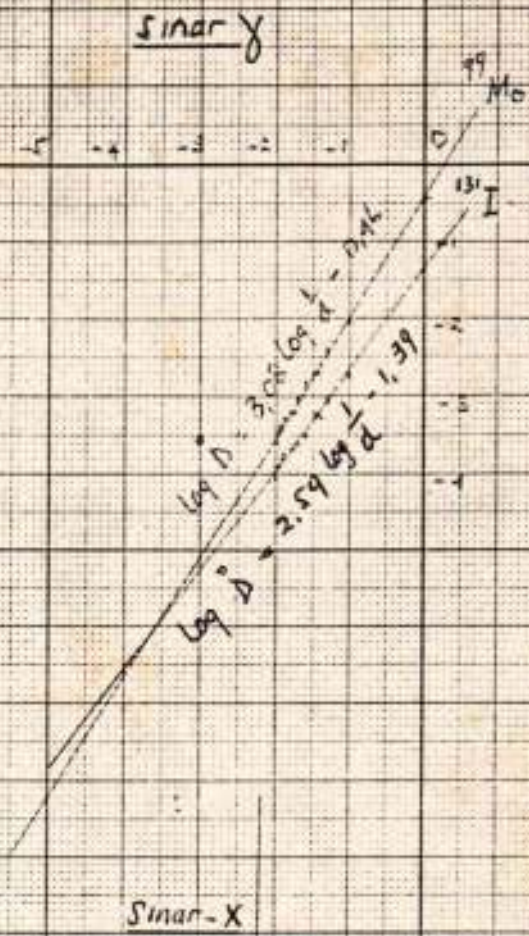
| No | Y | X | X Y | X ² |
|----|---------|---------|--------|----------------|
| 1 | -0.2218 | -2.3010 | 0.5103 | 5.2946 |
| 2 | -0.4200 | -2.3279 | 0.9777 | 5.4191 |
| 3 | -0.4559 | -2.3467 | 1.0698 | 5.5070 |
| 4 | -0.6020 | -2.3665 | 1.4246 | 5.6003 |
| 5 | -0.6197 | -2.3872 | 1.4793 | 5.6987 |
| 6 | -0.6989 | -2.3979 | 1.6758 | 5.7499 |
| 7 | -0.7447 | -2.4202 | 1.8023 | 5.8573 |
| 8 | -0.8239 | -2.4317 | 2.0034 | 5.9131 |
| 9 | -0.8538 | -2.4559 | 2.0968 | 6.0314 |
| 10 | -0.9208 | -2.4685 | 2.2729 | 6.0934 |
| 11 | -1.0969 | -2.4814 | 2.7218 | 6.1573 |

$$\bar{Y} = -0.6780, \bar{X} = -2.3986, \sum XY = 18.0347, \sum X^2 = 63.322$$
$$\bar{X}^2 = 5.7532$$

Hasil akhir diperoleh persamaan : $\log \dot{D} = 6.79 \log \frac{1}{d} + 8.83$

$$\log k = 8.83$$

$$k = 6.85 \times 10^8$$



$$\log \dot{D} = 6.79 \log I + 8.83$$

BAB 5

PEMBAHASAN dan KESIMPULAN

I. Pembahasan

Dari hasil percobaan dengan pengukuran kemudian dihitung dengan menggunakan metode regresi linier diperoleh besarnya nilai k masing-masing :

5.1. Untuk sinar γ

a. sumber ^{131}I , $k = 24.52$

b. sumber ^{99}Mo , $k = 2.92$

Sedang dari tabel diperoleh konstanta spesifik sinar γ dari

a. sumber ^{131}I , $\Gamma = 0.22 \times 10^4 \frac{\text{R cm}^2}{\text{Ci jam}}$

b. sumber ^{99}Mo , $\Gamma = 0.13 \times 10^4 \frac{\text{R cm}^2}{\text{Ci jam}}$

Sehingga secara teori besarnya nilai k adalah

a. sumber ^{131}I , $k = 10.99$

b. sumber ^{99}Mo , $k = 9.82$

5.2. Untuk sinar-X

Karena detektor radiasi yang digunakan hanya mampu mengukur laju dosis maksimum 1 R/jam, maka pada penelitian ini alat rontgen dioperasikan pada tegangan 40 kV, arus 32 mA dan waktu 0.06 detik, agar laju dosis sinar-X yang dihasilkan tidak melebihi batas ukur maksimum detektor.

Dari hasil perhitungan diperoleh besarnya nilai $k = 6.85 \times 10^8$.

II. Kesimpulan

a. Besarnya nilai k bergantung jenis sumber radiasi

b. Untuk sumber ^{131}I didapatkan $k_{\text{teori}} < k_{\text{percobaan}}$ dan untuk sumber ^{99}Mo didapatkan $k_{\text{teori}} > k_{\text{percobaan}}$, ini disebabkan karena :

1. Kesalahan paralaksis pada saat pembacaan skala pada detektor.
2. Pada k_{teori} aktivitas sumber adalah 1 Ci sedang pada percobaan aktivitas sumber $^{131}\text{I} = 4.99 \text{ mCi}$ dan $^{99}\text{Mo} = 7.56 \text{ mCi}$.
3. Kemungkinan sumber tidak murni.

c. Dari hasil penelitian diperoleh persamaan yang menyatakan hubungan antara laju dosis dengan jarak sumber sebagai berikut :

1. untuk sinar γ

$$\# \text{ } ^{131}\text{I} \text{ persamaannya : } \log \dot{D} = 3.03 \log \frac{1}{d} - 0.46$$

jadi pada jarak 0.7 cm dari sumber. laju dosisnya 1 R/jam, dan pada jarak 1 cm laju dosisnya 0.34 R/jam.

$$* \text{ } ^{99}\text{Mo} \text{ persamaannya : } \log \dot{D} = 2.59 \log \frac{1}{d} - 1.39$$

jadi pada jarak 0.29 cm laju dosisnya 1 R/jam dan pada jarak 1 cm laju dosisnya 0.04 R/jam.

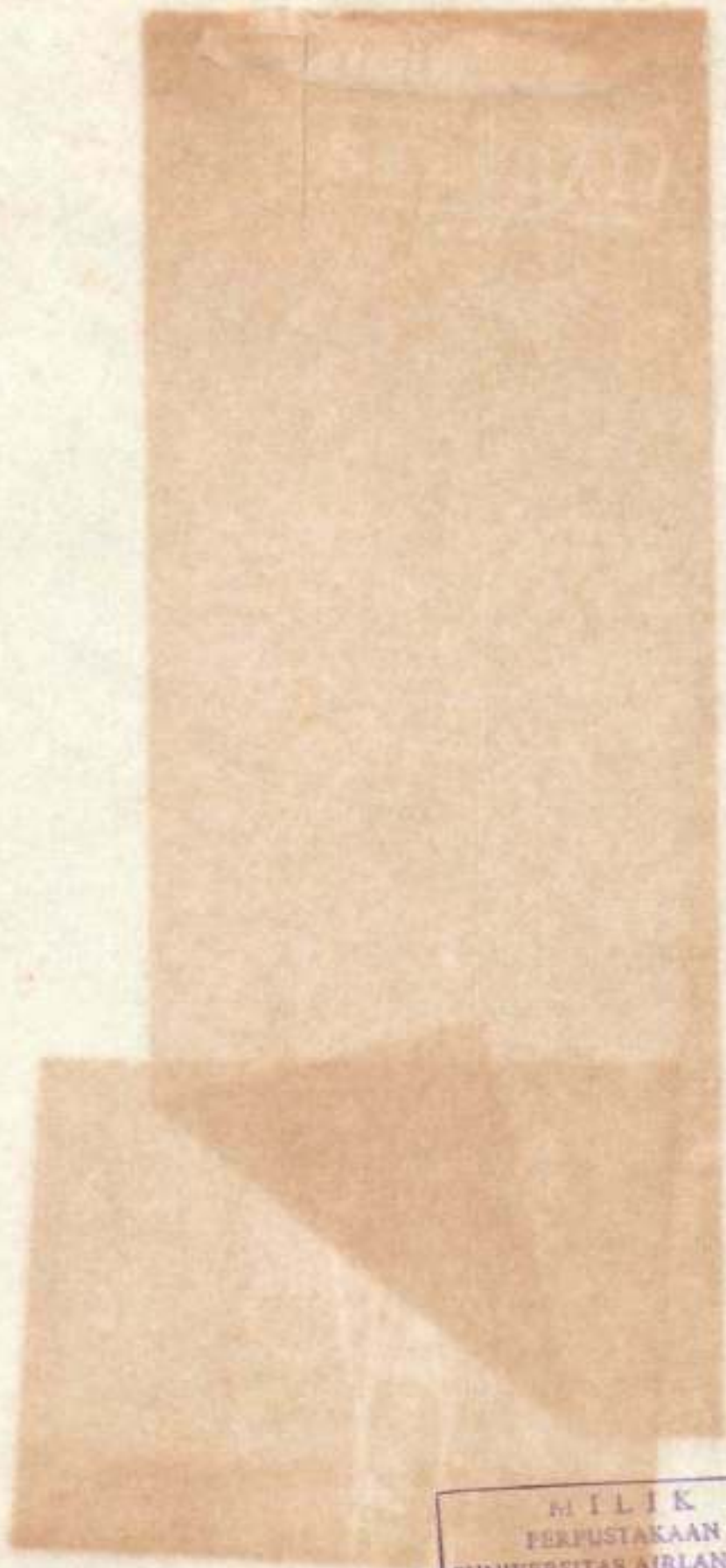
2. untuk sinar-X

$$\text{persamaannya : } \log \dot{D} = 6.79 \log \frac{1}{d} + 8.83$$

jadi pada jarak 19.95 laju dosisnya 1 R/jam dan pada jarak 1 cm laju dosisnya $6.76 \times 10^8 \text{ R/jam}$.

DAFTAR PUSTAKA

1. Arthur Beiser, Concept of Modern Physics, Tokyo International Student Edition, 1973.
2. John R. Cameron, James G. Skofronick, Medical Physics, John Wiley & Son, 1978.
3. James A. Sorenson, Michael E. Phelps, Physics in Nuclear Medicine, Grune & Statton, 1987.
4. Paul J. Early, M.A. Razzak, D. Bruce Sadee, Textbook of Nuclear Medicine, London, The C.V. Mosby Company, 1979.
5. Stacy, Williams, Warden and Mc Norris, Essentials of Biological and Medical Physics, Mc Graw-Hill, 1955.



MILIK
PERPUSTAKAAN
"UNIVERSITAS AIRLANGGA"
SURABAYA