

## ANALISIS WAKTU PELURUHAN TERHADAP PERSYARATAN DOSIS RADIOISOTOP UNTUK PEMERIKSAAN GONDOK

Kristiyanti<sup>1</sup>, Wahyuni Z Imran<sup>1</sup>, Lely Yuniarsari<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir – BATAN

### ABSTRAK

*ANALISIS WAKTU PELURUHAN TERHADAP PERSYARATAN DOSIS RADIOISOTOP PADA PEMERIKSAAN GONDOK. Telah dilakukan analisis perhitungan waktu peluruhan radioisotope Iodium-131 (I-131) untuk diagnosis pasien gondok yang menggunakan peralatan Thyroid Up-take. Perhitungan untuk mengetahui berapa lama waktu peluruhan yang dibutuhkan Radioisotop tersebut agar mencapai aktivitas yang aman sebelum diberikan ke pasien. Diagnosis pada pasien gondok biasanya menggunakan I-131 yang mempunyai aktivitas tertentu dan diberikan ke pasien secara oral dalam bentuk kapsul. Untuk aktivitas yang tersedia dalam kapsul 100  $\mu$ Ci didapatkan dosisnya 162 mSv. Sesuai dengan Nilai Batas Dosis (NBD) yang direkomendasikan BAPETEN dosis yang diizinkan sebesar 50 mSv, sehingga aktivitas tersebut harus diturunkan. Analisis perhitungan untuk menurunkan aktivitas menggunakan prinsip dosis serap radiasi internal sesuai dengan yang direkomendasikan International Commission of Radiological Protection (ICRP). Berdasarkan ICRP 68, dosis merupakan fungsi dari aktivitas dan faktor koreksi. Dari hasil perhitungan untuk menurunkan aktivitas dibutuhkan waktu meluruh paling cepat 14 hari sehingga aman bagi pasien.*

*Kata kunci : Iodium-131, dosis, waktu meluruh.*

### ABSTRACT

*AN ANALYSIS OF DECAY TIME TO SATISFY RADIOISOTOPE DOSE REQUIREMENT IN THYROID EXAMINATION. A calculation of decay time for Iodium-131 (I-131) to be used in thyroid patients using Thyroid Up-take has been done. The calculation was aimed define the time needed for the radioisotope to decay for attaining the save activity before it is used by patient. The diagnosis of thyroid patient typically uses I-131 capsules of a specific activity administered orally. It was found that a 100  $\mu$ Ci capsule gave a dose of 162 mSv. The dose limit threshold recommended by BAPETEN is no more than 50 mSv, thus the capsule activity has to be reduced. The calculation on activity reduction was performed following the principle of internally absorbed radiation dose according to the recommendation of ICRP (International Commission of Radiation Protection). According to ICRP 68, dose is a function of activity and correction factor. The calculation showed that at least 14 days are needed for the activity to decay to level save for patient*

*Keywords : Iodine-131, dose, decay time*

### 1. PENDAHULUAN

Penggunaan Radioisotop dalam ilmu kedokteran akhir-akhir ini berkembang dengan pesat. Di dunia kedokteran untuk menyembuhkan suatu penyakit baik penyakit biasa maupun penyakit yang membahayakan jika sejak dini dapat di deteksi maka proses penyembuhan dapat dilakukan dengan tepat.

Salah satu alat yang digunakan uji tangkap kelenjar gondok adalah *Thyroid*

*Up-take* yaitu suatu perangkat atau alat untuk mempelajari kecepatan kelenjar gondok (*thyroid gland*) dalam mengakumulasi dan melepaskan Iodium yang menjadi komponen utama dalam pembentukan hormon *tiroksin* yang berguna bagi metabolisme tubuh melalui suatu prosedur kedokteran nuklir.

Ruang lingkup dari kajian ini meliputi penggunaan radioisotop Iodium-131 (I-131) dengan aktivitas 100  $\mu$ Ci dalam bentuk kapsul yang akan diberikan ke pasien untuk diagnostik. Kapsul aktif ini

diukur aktivitasnya dengan alat tersebut. Hasil pengukuran digunakan sebagai acuan standar. Setelah itu kapsul tersebut diberikan kepada pasien secara oral. Isotop Iodium tercatat secara otomatis dalam komputer. Hasil serangkaian pengukuran setelah pemberian kapsul Iodium dibandingkan dengan referensi (nilai perhitungan peluruhan). Hasil ini merupakan kurva persensi aktivitas Iodium yang terukur dalam kelenjar tadi<sup>[1]</sup>.

Pengukuran dosis dihitung dengan mempertimbangkan prinsip proteksi radiasi untuk radiasi secara internal. Penggunaan radioisotop yang dipergunakan dalam bidang kedokteran nuklir, perlu diperhatikan dosis pemakaian yang tepat berdasarkan atas maksimum dosis radiasi yang diizinkan atau Nilai Batas Dosis (NBD) sesuai dengan SK. Ka BAPETEN No: 01/Ka-BAPETEN/V-99 tentang Ketentuan Keselamatan Kerja Terhadap Radiasi, yang mengacu pada rekomendasi *International Commission on Radiological Protection* (ICRP) No 26 tahun 1997 dan *Safety Series IAEA* No.9 tahun 1983 yang menyatakan bahwa<sup>[2]</sup>:

- Nilai Batas Dosis bagi pekerja radiasi untuk seluruh tubuh 50 mSv per tahun.
- Nilai Batas Dosis untuk masyarakat umum untuk seluruh tubuh 5 mSv per tahun. Dalam hal penyinaran local yaitu bagian-bagian khusus dari tubuh, dosis rata-rata dalam tiap organ atau jaringan yang terkena harus tidak lebih dari 50 mSv.

Aktivitas Iodium yang tersedia dalam kapsul sebesar 100  $\mu\text{Ci}$ , sehingga diperlukan perhitungan waktu peluruhan radioisotop tersebut untuk memenuhi NBD. Dengan menggunakan perhitungan hubungan antara aktivitas dengan faktor konversi dosis atau dosis terikat efektif per satuan *intake* maka bisa didapatkan dosis yang aman.

## 2. TEORI

Perhitungan waktu peluruhan radioisotop untuk mencapai aktivitas yang diinginkan berdasarkan waktu

paruh. Waktu paruh ( $t_{1/2}$ ) suatu radioisotop adalah waktu yang diperlukan radioisotop untuk meluruh menjadi setengahnya<sup>[3]</sup>.

$$A_t = A_o \cdot e^{-\lambda t} \quad (1)$$

dimana :

$A_t$  = aktivitas pada saat  $t$

$A_o$  = aktivitas mula-mula

$\lambda$  = tetapan peluruhan

$t_{1/2}$  = umur paro

### Aktivitas zat Radioaktif.

Aktivitas zat radioaktif menyatakan jumlah zat radioaktif yang melakukan peluruhan (desintegrasi) setiap satuan waktu (satuan waktu yang lazim digunakan adalah detik). Untuk menyatakan aktivitas zat radioaktif digunakan satuan *Becquerel*, yang disingkat Bq. Zat radioaktif dikatakan beraktivitas satu Bq apabila zat itu melakukan satu kali peluruhan. Jadi<sup>[3]</sup>:

1 Bq = 1 disintegrasi per sekon (dps)

Satuan Bq merupakan satuan yang sangat kecil.

Selain Bq, kita juga dapat menemui satuan lain untuk menyatakan aktivitas zat radioaktif, yaitu dalam *Curie* yang disingkat dengan Ci. Pada umumnya untuk zat radioaktif dengan tingkat aktivitas rendah digunakan satuan Bq, sedang untuk aktivitas tinggi digunakan satuan Ci. Satu Curie semula didefinisikan sebagai aktivitas 1 gram Radium-226 yang melakukan peluruhan  $3,7 \times 10^{10}$  disintegrasi per sekon (dps). Karena 1 dps = 1 Bq, maka :

$$1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

Satuan Ci menunjukkan tingkat aktivitas zat radioaktif yang sangat tinggi. Untuk menyatakan aktivitas yang lebih kecil seringkali digunakan satuan-satuan sebagai berikut:

$$1 \text{ millicurie (mCi)} = 10^{-3} \text{ Ci}$$

$$1 \text{ microcurie } (\mu\text{Ci}) = 10^{-6} \text{ Ci}$$

$$1 \text{ nanocurie (nCi)} = 10^{-9} \text{ Ci}$$

$$1 \text{ picocurie (pCi)} = 10^{-12} \text{ Ci}$$

Aktivitas zat radioaktif hanya menunjukkan jumlah inti radioaktif yang melakukan peluruhan, tetapi tidak menunjukkan jumlah radiasi yang dipancarkannya. Dalam setiap kali melakukan peluruhan, zat radioaktif dapat memancarkan lebih dari satu macam radiasi.

### Dosimetri Radiasi

Metode pengukuran dosis radiasi dikenal dengan sebutan dosimetri radiasi. Selama perkembangannya, besaran yang dipakai dalam pengukuran jumlah radiasi selalu didasarkan pada jumlah ion yang terbentuk dalam keadaan tertentu atau pada jumlah energi radiasi yang diserahkan kepada bahan. Radiasi mempunyai satuan karena radiasi membawa atau mentransfer energi dari sumber radiasi yang diteruskan kepada medium yang menerima radiasi. Sampai saat ini ICRP masih tetap menggunakan besaran makroskopis yang disebut besaran dosimetri.

Ada beberapa satuan dasar yang berhubungan dengan radiasi pengion yang disesuaikan dengan kriteria penggunaannya yaitu <sup>[4]</sup> :

#### a. Dosis Serap

Yaitu besaran yang tidak bergantung pada jenis radiasi, energi radiasi maupun sifat bahan penyerap, tetapi hanya bergantung pada jumlah energi radiasi yang diserap persatuan massa bahan yang menerima penyinaran tersebut. Jadi dosis radiasi merupakan jumlah energi yang diserahkan oleh radiasi atau banyaknya energi yang diserap oleh bahan persatuan massa bahan. Bisa dirumuskan :

$$D = dE/dm \quad (2)$$

dimana :

D = Dosis serap

dE = energi yang diserap oleh medium bermassa dm.

Jika dE dalam Joule (J) dan dm dalam kilogram (kg)

Sehingga  $D = J/kg$  atau Gray (Gy) atau 100 radiation absolut dose (rad)

Sehingga dosis serap terhadap waktu disebut laju dosis serap dirumuskan sebagai :

$$D^0 = dD/dt$$

Dimana dt dinyatakan sebagai Gray/detik.

#### b. Dosis Ekuivalen.

Dalam proteksi radiasi, besaran dosimetri yang lebih berguna karena berhubungan langsung dengan efek biologi adalah dosis ekuivalen.

Besaran dosis ekuivalen lebih banyak digunakan berkaitan dengan pengaruh radiasi terhadap tubuh manusia atau sistem biologi lainnya. Dalam konsep ini radiasi apapun jenisnya asal nilai dosis ekuivalen sama akan menimbulkan efek biologi yang sama pula terhadap jaringan tertentu. Dalam perhitungan dosis ekuivalen ada faktor yang ikut menentukan yaitu kualitas radiasi.

Kualitas radiasi ini mencakup jenis dan energi dari radiasi yang bersangkutan. ICRP 60 memperkenalkan kualitas radiasi sebagai faktor bobot radiasi  $w_R$ . Dosis ekuivalen dalam organ T yang menerima penyinaran radiasi R ( $H_{TR}$ ) ditentukan melalui persamaan :

$$H_{T,R} = w_R \cdot D_{T,R} \quad (3)$$

dimana :

$D_{T,R}$  adalah dosis serap yang dirata-ratakan untuk daerah organ atau jaringan T yang menerima radiasi R.

$w_R$  adalah factor bobot dari radiasi R yang tidak berdimensi.

Karena  $w_R$  tidak berdimensi maka satuan dari dosis ekuivalen sama dengan dosis serap yaitu J/Kg. Namun untuk membedakan antara kedua besaran tersebut dosis ekuivalen diberi satuan Sievert (Sv).

#### c. Dosis Serap

Keefektifan radiasi dalam menimbulkan efek tertentu pada suatu organ diperlukan besaran baru yang disebut besaran dosis efektif. Besaran

ini merupakan penurunan dari besaran dosis ekuivalen yang dibobot. Faktor pembobot dosis ekuivalen untuk organ T disebut faktor bobot jaringan,  $w_T$ . Nilai ini dipilih agar setiap dosis ekuivalen yang diterima seragam di seluruh tubuh menghasilkan dosis efektif yang nilainya sama dengan dosis ekuivalen yang seragam itu. Dosis efektif dalam organ T,  $H_E$  yang menerima radiasi dengan dosis ekuivalen  $H_T$  ditentukan melalui persamaan :

$$H_E = w_T \cdot H_T \quad (4)$$

#### d. Dosis tara terikat

Yaitu dosis yang diterima seseorang dari radiasi yang dipancarkan oleh radionuklida yang ada dalam tubuh. Radioaktif yang terdeposit dalam tubuh merupakan fungsi dari jenis radionuklida, waktu paro dan metabolisme radionuklida tersebut. ICRP menerapkan perhitungan untuk dosis tara total pada organ yang akan diterima selama 50 tahun setelah masuknya radionuklida kedalam tubuh.

Perhitungan dosis menurut ICRP 68. Untuk mempermudah perhitungan, maka ICRP 68 menghitung dosis yaitu dengan persamaan [5]:

$$H_{T,R} = I(t) \cdot e(g) \quad (5)$$

dimana :

$H_{T,R}$  = dosis ekuivalen (mSv)  
 $I(t)$  = aktivitas (Bq)  
 $e(g)$  = faktor konversi dosis (Sv/Bq)

Sedangkan

$$I(t) = m / m_{(t)} \quad (6)$$

dimana :

$m$  = aktivitas terdeteksi (Bq) atau laju ekskresi (Bq/hari)

$m_{(t)}$  = fraksi *intake* yang ada dalam tubuh (*invivo*) atau fraksi *intake* yang dikeluarkan dari tubuh (*infitro*) pada waktu  $t$  (hari) setelah *intake*.

Harga  $m_{(t)}$  bergantung :

- waktu *intake*
- jenis pengukuran
- ukuran partikel
- klasifikasi faktor penyerapan dalam darah (tipe F, m, s)

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sumber radioisotop yang digunakan pada pemeriksaan gondok biasanya dosis yang tersedia tidak tepat sesuai dengan yang akan digunakan. Pihak penyedia radioisotop akan menyerahkan radioisotop dengan besaran aktifitas yang mudah dalam pengukuran misalnya 100  $\mu$ Ci. Sedangkan sesuai dengan ketentuan yang berlaku besarnya dosis yang diizinkan diberikan ke pasien 50 mSv, sehingga aktivitas tersebut perlu diturunkan diantaranya dengan cara peluruhan.

Perhitungan peluruhan dilakukan untuk mengetahui berapa lama atau pada hari ke berapa dosis bisa memenuhi batas aman. Sesuai dengan NBD dari BAPETEN, dosis yang diperkenankan diberikan ke pasien.

#### Perhitungan waktu peluruhan untuk I-131.

Perhitungan waktu peluruhan untuk I-131 dilakukan untuk mengetahui berapa lama waktu yang diperlukan untuk meluruh sehingga didapatkan dosis yang diperkenankan. Contoh perhitungan peluruhan I-131 untuk aktivitas 100  $\mu$ Ci,

Jika diketahui :

- Faktor bobot radiasi  $w_R = 1$  [4]
- Faktor bobot jaringan  $w_T$  untuk jaringan tiroid = 0,05 [4]
- Faktor koreksi  $e(g)$  untuk pemberian secara oral  $1,9 \cdot 10^{-11}$  Sv/Bq [6].
- Waktu paro  $t_{1/2}$  untuk I-131 = 8,05 jam [4]

Dengan menggunakan rumus (1),(3),(4) dan (5) maka didapatkan hasil perhitungan hubungan antara waktu peluruhan dan aktivitas untuk hari ke 1 dan seterusnya dari aktivitas mula-mula 100  $\mu$ Ci seperti pada Tabel 1.

Karena aktivitas I-131 dalam kapsul yang tersedia 100  $\mu\text{Ci}$ , didapatkan besarnya dosis 162 mSv sehingga perlu dilakukan peluruhan. Dari Tabel 1 bisa diketahui bahwa untuk mencapai 50 mSv maka baru pada hari ke 14

didapatkan dosis 53 mSv dengan aktivitas 33  $\mu\text{Ci}$ .

Jadi bila digunakan aktivitas 100  $\mu\text{Ci}$  maka dibutuhkan waktu meluruh lebih dari hari ke 14 untuk mencapai batas aman sesuai NBD dari BAPETEN.

Tabel 1. Hubungan antara waktu peluruhan dengan aktivitas.

Hari ke	Aktivitas ( $\mu\text{Ci}$ )	Dosis (mSv)	Hari ke	Aktivitas ( $\mu\text{Ci}$ )	Dosis (mSv)
1.	100	162	11.	42	68
2.	92	149	12.	39	63
3.	84	139	13.	36	58
4.	77	126	14.	33	53
5.	71	115	15.	30	49
6.	65	105	16.	27	45
7.	60	97	17.	25	41
8.	55	89	18.	23	38
9.	50	81	19.	21	34
10.	46	75	20.	19	32

#### 4. KESIMPULAN

Bila untuk keperluan diagnosis aktivitas I-131 yang tersedia 100  $\mu\text{Ci}$ , maka dibutuhkan waktu meluruh sesudah hari ke 14 dimana I-131 telah mengalami peluruhan dengan aktivitas menjadi 33  $\mu\text{Ci}$  dengan dosis 53 mSv. Sehingga dosis yang akan diterima pasien sesuai dengan rekomendasi yang diberikan oleh BAPETEN yaitu maksimal 50 mSv.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. WIRANTO dkk. "Pencacah Thyroid Up-take untuk diagnosis fungsi kelenjar gondok" PRPN-BATAN, 2009.
- [2]. SK Ka. BAPETEN No : 01/Ka-BAPETEN/V-99 tentang Ketentuan Keselamatan Kerja Terhadap Radiasi, 1999.
- [3]. MUKHLIS AKHADI, Dasar-dasar Proteksi Radiasi, Rineka Cipta, Jakarta, 1997.
- [4]. PUSAT PENDIDIKAN DAN PELATIHAN BATAN, Prinsip Proteksi Radiasi, BATAN Serpong, 2006.

- [5]. ICRP 68, Evaluation of radiation doses to body tissues from Internal contamination due to occupational Commission on Radiation Protection, Publikasi No 10, Pergamon Press, Oxford, 1968.
- [6]. SAFETY REPORT SERIES No 37, Methodes for Assessing Occupational Radiation Doses Due to Intakes of Radionuclides.
- [7]. KRISTIYANTI "Analisis Perhitungan Aktivitas Iodium untuk Diagnosis Pasien Thyroid" Proseding Pertemuan Ilmiah Rekayasa Perangkat Nuklir PRPN-BATAN, 2009.