

**ASESMEN LAJU DOSIS RADIASI PASIEN TERAPI  
IODIN-131 DI INSTALASI KEDOKTERAN NUKLIR  
RUMAH SAKIT SARDJITO YOGYAKARTA  
TUGAS AKHIR**

Untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh derajat sarjana S1  
Program Studi Fisika



**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UIN SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA  
2025**



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

### PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1854/Un.02/DST/PP.00.9/08/2025

Tugas Akhir dengan judul : Asesmen Laju Dosis Radiasi Pasien Terapi Iodin-131 di Instalasi Kedokteran Nuklir Rumah Sakit Sardjito Yogyakarta

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : KHURNIA TANTI  
Nomor Induk Mahasiswa : 21106020040  
Telah diujikan pada : Jumat, 15 Agustus 2025  
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

#### TIM UJIAN TUGAS AKHIR



## **SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Khurnia Tanti

NIM : 21106020042

Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "Asesmen Laju Dosis Radiasi Pasien Terapi Iodin-131 di Instalasi Kedokteran Nuklir Rumah Sakit Sardjito Yogyakarta" merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.



## SURAT PERSETUJUAN TUGAS AKHIR



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/RO

### **SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Hal : Persetujuan skripsi

Lamp : -

Kepada  
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta  
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama	:	Khurnia Tanti
NIM	:	21106020040
Judul Skripsi	:	Asesmen Laju Dosis Radiasi Pasien Terapi Iodin-131 di Instalasi Kedokteran Nuklir Rumah Sakit Sardjito Yogyakarta

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Fisika.

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 07 Agustus 2025

Pembimbing II

Pembimbing I

Nur Endah Sari, S.Si., M.Si.  
NIP. 199309110000002301

Anis Yuniatyi, S.Si., M.Si., Ph.D.  
NIP. 198306142009012008

## **ASESMEN LAJU DOSIS RADIASI PASIEN TERAPI IODIN-131 DI RUMAH SAKIT SARDJITO YOGYAKARTA**

**Khurnia Tanti**  
**21106020040**

### **INTISARI**

Terapi Iodin-131 merupakan salah satu prosedur kedokteran nuklir yang digunakan dalam pengobatan kanker tiroid. Pasien yang menjalani terapi Iodin-131 pasca pemberian radiofarmaka akan memancarkan radiasi gamma yang berpotensi memberikan paparan terhadap lingkungan. Oleh karena itu, evaluasi laju dosis diperlukan untuk menjamin keselamatan pasien, tenaga medis, serta masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur dan menganalisis laju dosis dari setiap aktivitas yang diberikan pada interval waktu tertentu, menguji signifikansi arah pengukuran, menganalisis keterkaitan hasil pengukuran laju dosis dengan ketentuan *release patient*, serta menentukan waktu paruh efektif pasien. Penelitian dilakukan pada 39 pasien dengan aktivitas radioaktif bervariasi diantaranya sebesar 30, 80, 100, dan 150 mCi. Pengukuran laju dosis dilakukan menggunakan surveymeter pada jarak 1 meter dari tubuh pasien dengan empat arah yaitu *anterior*, *left lateral*, *posterior* dan *right lateral* pada interval waktu 0, 4, 24, dan 45 jam setelah pemberian radiofarmaka. Hasil data dianalisis menggunakan uji *Shapiro-Wilk* dan *Friedman Test*, serta dilakukan perhitungan waktu paruh efektif dan biologis pasien. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata laju dosis tertinggi secara konsisten terukur pada sisi *anterior* diikuti *posterior*, *left lateral*, dan *right lateral*. Nilai rata-rata laju dosis menunjukkan penurunan signifikan seiring waktu, yaitu dari 29,12  $\mu$ Sv/jam pada 0 jam menjadi 19,52  $\mu$ Sv/jam pada 4 jam, 7,21  $\mu$ Sv/jam pada 24 jam, dan 3,21  $\mu$ Sv/jam pada 45 jam yang diukur pada arah *anterior*. Uji statistik Friedman menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan ( $p \leq 0,05$ ) antar interval waktu maupun arah pengukuran. Waktu paruh efektif pasien terpanjang dan terpendek yaitu sebesar 58,237 jam dan 1,609 jam, sedangkan besar nilai waktu paruh biologis bernilai selaras lebih panjang daripada waktu paruh efektif. Sebagian besar pasien memenuhi kriteria *release patient* sesuai Pedoman Teknis Rilis Pasien (*Release of Patient*) pada Kedokteran Nuklir yang dikeluarkan oleh BAPETEN pada tahun 2020, yaitu laju dosis  $\leq 70 \mu$ Sv/jam pada jarak 1 meter. Dengan demikian, penelitian ini menegaskan pentingnya arah pengukuran dalam evaluasi laju dosis pasien serta mendukung penerapan prinsip proteksi radiasi dalam terapi Iodin-131.

**Kata kunci:** Iodin-131, laju dosis radiasi, proteksi radiasi, *release patient*, waktu paruh efektif

**ASSESSMENT OF RADIATION DOSE RATE OF IODINE-131 THERAPY  
PATIENTS AT SARDJITO HOSPITAL YOGYAKARTA**

**Khurnia Tanti**  
**21106020040**

**ABSTRACT**

*Iodine-131 therapy is one of the nuclear medicine procedures used in the treatment of thyroid cancer. Patients undergoing Iodine-131 therapy emit gamma radiation after the administration of radiopharmaceuticals, which may potentially expose the surrounding environment. Therefore, dose rate evaluation is required to ensure the safety of patients, medical personnel, and the public. This study aims to measure and analyze dose rates for each administered activity at specific time intervals, evaluate the significance of measurement direction, analyze the relationship between dose rate and release patient requirements, and determine the effective half-life of patients. The study was conducted on 39 patients with varying radioactive activities of 30, 80, 100, and 150 mCi. Dose rate measurements were performed using a survey meter at a distance of 1 meter from the patient's body in four directions (anterior, left lateral, posterior, and right lateral) at 0, 4, 24, and 45 hours after administration. Data were analyzed using the Shapiro-Wilk test and Friedman test and were followed by the calculation of effective and biological half-lives. The results showed that the highest average dose rate was consistently measured in the anterior direction, followed by posterior, left lateral, and right lateral. The average dose rate decreased significantly over time, from 29,12  $\mu$ Sv/h at 0 h to 19,52  $\mu$ Sv/h at 4 h, 7,21  $\mu$ Sv/h at 24 h, and 3,21  $\mu$ Sv/h at 45 h in the anterior direction. The Friedman statistical test showed a significant difference ( $p \leq 0,05$ ) between measurement time intervals and measurement directions. The longest and shortest effective half-lives were found to be 58,237 h and 1,609 h, respectively, while the biological half-life tended to be longer than the effective half-life. Most patients met the release patient criteria in accordance with the Technical Guidelines for Patient Release in Nuclear Medicine issued by BAPETEN in 2020, which require dose rates  $\leq 70 \mu$ Sv/h at 1 meter. Thus, the measurement direction is an important factor in dose rate evaluation and supports the implementation of radiation protection in Iodine-131 therapy.*

**Keywords:** *Iodine-131, radiation dose rate, radiation protection, release patient, effective half-life*

## MOTTO

“Aku percaya, semua takdir yang sudah aku lalui tergantung akan pemikiran diri sendiri. Maka dari itu, berfikir positif setiap saat agar hasilnya juga baik dan positif”



## HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya yang tak seberapa ini, penulis persembahkan kepada kedua orang tua tercinta penulis yang telah menjadi Cahaya dalam gelap, penopang dalam lemah, dan sumber semangat di setiap tantangan yang dihadapi. Kasih sayang, doa, dan pengorbanan yang telah diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Kakak-kakak penulis, terima kasih atas dukungan candaan serta motivasi yang telah diberikan. Terima kasih dan semoga bermanfaat.



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, dengan limpahan rahmat Taufiq hidayah serta inayahnya, nikmat Iman, Islam dan Ihsan yang selalu dilimpahkan, serta nikmat sehat jasmani keridhoan dan keberkahan yang selalu dilimpahkan sampai saat ini. Sholawat serta salam semoga tetap tercurah limpahkan kepada Nabi agung Muhammad SAW, kepada keluarganya, sahabatnya, serta kepada umatnya semoga kelak kita semua mendapatkan syafa'at darinya aamiin aamiin ya rabbal alamin. Syukur Alhamdulillah selalu penyusun panjatkan kepada Tuhan semesta alam, atas karunia yang diberikan kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “ASESMEN LAJU DOSIS RADIASI PASIEN TERAPI IODIN-131 DI RUMAH SAKIT SARDJITO YOGYAKARTA” sebagai syarat kelulusan untuk menerima gelar Sarjana Sains (S.I) pada Fakultas Sains dan Teknologi di Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian Tugas Akhir ini terdapat banyak bantuan dan motivasi yang penulis terima dari berbagai pihak. Oleh karena itu, sudah sepatutnya penulis mengucapkan terima kasih yang sebanyak-banyaknya kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga yang senantiasa mendukung setiap proses penulis dalam perjalanan meraih gelar Sarjana termasuk dalam pelaksanaan penelitian hingga penyusunan Tugas Akhir.
2. Ragaku, terima kasih sudah bertahan dan tetap semangat, menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Prof. Noorhaidi, M.A, M.Phil., Ph.D. Phil. selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta dan seluruh staf akademik yang ada di bawah naungannya, serta keluarga besar UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Ibu Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
5. Ibu Dr. Widayanti, S.Si. M.Si. selaku Ketua Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.

6. Ibu Anis Yuniati, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, fikiran, serta ilmunya untuk memberikan bimbingan, arahan, petunjuk, kritik dan saran yang baik serta bermanfaat bagi penulis sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
7. Ibu Nur Endah Sari, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing lapangan atas bimbingan, arahan serta motivasi yang diberikan kepada penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Seluruh Bapak Ibu Dosen Program Studi Fisika Universitas Islam Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan ilmu serta pengalaman kepada penulis.
9. Instalasi Kedokteran Nuklir Rumah Sakit Sardjito Yogyakarta yang telah memberikan ruang kepada penulis untuk belajar dan menyelesaikan Tugas Akhir ini.
10. Bapak H. Muhammad Nur Wachid dan Ibu Susilani Ani Maghfiroh, S.Ag., M. Hum. beserta keluarga besar Pondok Pesantren Wahid Hasyim Komplek Ahmad Syafi'i Academy yang telah membersamai penulis selama menyelesaikan belajarnya di Yogyakarta.
11. Keluarga SMK Ahmad Syafi'i Yogyakarta yang telah memberikan ilmu, motivasi serta dukungan kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
12. Seseorang selaku patner penulis, terima kasih sudah siap siaga menghadapi *mood* penulis, mendampingi, meyakinkan dan memotivasi penulis dari penilitian sampai terselesaikannya Tugas Akhir ini.
13. Teman-teman Fisika angkatan 2021 yang telah membersamai penulis selama masa perkuliahan.
14. Teman-teman asrama Nuriya dan Annur Komplek Ahmad Syafi'i Pondok Pesantren Wahid Hasyim yang telah membersamai penulis selama menyelesaikan belajarnya di Yogyakarta.
15. Keluarga KKN 309 yang memberikan warna baru dan selalu membersamai penulis. Kalian adalah teman atas ketidaksengajaan dari Tuhan yang begitu berkesan.

16. Serta kepada semua pihak yang telah mencerahkan tenaga, fikiran, saran, bimbingan, motivasi dan doanya kepada penulis tanpa pamrih.

Mengingat keterbatasan pengetahuan dan kemampuan, penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini jauh dari kata sempurna. Besar harapan penulis dalam menerima masukan, kritik dan saran yang membangun agar dapat memperbaiki dalam penulisan Tugas Akhir ini. Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis, pembaca, dan pihak lainnya.

Yogyakarta, 09 Juni 2025

Khurnia Tanti  
21106020040



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....</b>	<b>iii</b>
<b>SURAT PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....</b>	<b>iv</b>
<b>INTISARI .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vi</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>vii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>viii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Penelitian .....	9
1.3 Tujuan Penelitian .....	9
1.4 Batasan Penelitian .....	10
1.5 Manfaat Penelitian .....	10
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>12</b>
2.1 Studi Pustaka.....	12
2.2 Landasan Teori.....	18
2.2.1 Radiasi Ionisasi .....	18
2.2.2 Kelenjar Tiroid .....	21
2.2.3 Kanker Tiroid.....	22
2.2.4 Iodin-131 .....	24
2.2.5 Dosimetri Radiasi.....	29
2.2.6 Terapi Iodin-131 .....	38
2.2.7 Uji Statistik .....	44
2.2.8 <i>Release Patient</i> .....	48
2.2.9 Aktivitas Radioaktif .....	51

2.2.10 Waktu Paruh.....	52
2.2.11 Alat Pelindung Diri .....	55
2.2.12 Surveymeter .....	59
2.2.13 Wawasan Islam tentang Keselamatan.....	62
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>64</b>
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	64
3.1.1 Waktu Penelitian .....	64
3.1.2 Tempat Penelitian .....	64
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	64
3.3 Tahap Penelitian.....	65
3.3.1 Studi Literatur .....	65
3.3.2 Perencanaan Penelitian .....	66
3.3.3 Pengambilan Data .....	69
3.3.4 Analisis Data .....	75
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>79</b>
4.1 Hasil Penelitian .....	79
4.1.1 Pengukuran Laju Dosis dari Pasien Terapi Iodin-131 .....	79
4.1.2 Analisis Laju Dosis dari Pasien Terapi Iodin-131 .....	84
4.1.3 Signifikansi Arah Pengukuran terhadap Nilai Laju Dosis yang diterima Pasien.....	94
4.1.4 Hubungan antara Aktivitas dan Laju Dosis terhadap Ketentuan <i>Release Patient</i> .....	99
4.1.5 Pengaruh Waktu Paruh Biologis terhadap Waktu Paruh Efektif dari setiap Aktivitas Iodin-131 yang Diberikan pada Masing-Masing Pasien Terapi Iodin-131 .....	106
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>111</b>
5.1 Kesimpulan .....	111
5.2 Saran .....	114
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>115</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>119</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Tinjauan pustaka .....	17
<b>Tabel 2.2</b> Perbedaan zat radioaktif Iodin-123, Iodin-125, dan Iodin-131 (BAPETEN, 2020).....	24
<b>Tabel 2.3</b> Faktor bobot radiasi (Riyatun, 2021) .....	31
<b>Tabel 2.4</b> Faktor bobot jaringan (Jusmawati, 2021).....	32
<b>Tabel 2.5</b> NBD untuk pekerja radiasi dan masyarakat (BAPETEN, 2013) .....	42
<b>Tabel 3.1</b> Alat penelitian .....	64
<b>Tabel 3.2</b> Formulir Pengukuran .....	75
<b>Tabel 4.1</b> Laju dosis rata-rata pasien terapi Iodin-131 .....	80
<b>Tabel 4.2</b> Hasil uji normalitas <i>Shapiro-Wilk</i> .....	95
<b>Tabel 4.3</b> Hasil <i>Friedman Test</i> .....	96
<b>Tabel 4.4</b> Waktu paruh efektif dan waktu paruh biologis masing-masing pasien terapi Iodin-131 .....	108



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Proses ionisasi dan eksitasi pada atom (Tindan, 2008) .....	20
<b>Gambar 2.2</b> Anatomi kelenjar tiroid (Ujianti dkk, 2023).....	22
<b>Gambar 2.3</b> Penggolongan resiko kekambuhan DTC (Haugen dkk, 2016) .....	23
<b>Gambar 2.4</b> Skema Peluruhan Iodin-131 (Al-jubeh dkk, 2012) .....	27
<b>Gambar 2.5</b> Contoh grafik penurunan laju dosis dari pasien pada jarak 1 meter (Mutohar dkk, 2017).....	53
<b>Gambar 2.6</b> Lead Apron (Saputra, 2021) .....	56
<b>Gambar 2.7</b> Thyroid Shield (Saputra, 2021) .....	56
<b>Gambar 2.8</b> Lead Gloves (Saputra, 2021) .....	57
<b>Gambar 2.9</b> Kacamata Pb (Hamida, 2020).....	58
<b>Gambar 2.10</b> Pelindung Gonad (Saputra, 2021) .....	58
<b>Gambar 2.11</b> Tabir (Elfrida, 2022).....	59
<b>Gambar 3.1</b> Diagram alir prosedur penelitian .....	65
<b>Gambar 4.1</b> Grafik laju dosis pasien terapi Iodin-131 pada sisi <i>anterior</i> .....	85
<b>Gambar 4.2</b> Grafik laju dosis pasien terapi Iodin-131 pada sisi <i>right lateral</i> .....	87
<b>Gambar 4.3</b> Grafik laju dosis pasien terapi Iodin-131 pada sisi <i>posterior</i> .....	89
<b>Gambar 4.4</b> Grafik laju dosis pasien terapi Iodin-131 pada sisi <i>left lateral</i> .....	91
<b>Gambar 4.5</b> Hasil citra pasca-terapi pasien terapi Iodin-131 ke-5 .....	97
<b>Gambar 4.6</b> Hasil citra pasca-terapi pasien terapi Iodin-131 ke-25 .....	97
<b>Gambar 4.7</b> Grafik laju dosis rata-rata pasien terapi Iodin-131 pada sisi <i>anterior</i> .....	99
<b>Gambar 4.8</b> Grafik penurunan laju dosis pasien ke 1 dengan dosis aktivitas 150 mCi yang diukur pada jarak 1 meter dari sisi anterior tubuh pasien. ....	107

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b> Hasil citra pasca-terapi pasien terapi Iodin-131 .....	119
<b>Lampiran 2.</b> Grafik laju dosis pasien terapi Iodin-131.....	123
<b>Lampiran 3.</b> Grafik eksponensial laju dosis terhadap waktu .....	126
<b>Lampiran 4.</b> Laju dosis pasien terapi Iodin-131 dengan aktivitas radioaktif 30, 80, 100, dan 150 mCi.....	129
<b>Lampiran 5.</b> Hasil data uji statistik .....	131
<b>Lampiran 6.</b> Perhitungan $T_{eff}$ dan $T_{bio}$ masing-masing pasien terapi Iodin-131	139
<b>Lampiran 7.</b> Gambar tabir pelindung .....	140
<b>Lampiran 8.</b> Dokumentasi edukasi dan sosialisasi prosedur penelitian oleh peneliti kepada pasien .....	140
<b>Lampiran 9.</b> Dokumentasi pengisian formulir kesedian mengikuti penelitian .	140
<b>Lampiran 10.</b> Dokumentasi (a) pemanggilan pasien untuk pengukuran, (b) pengukuran <i>background</i> .....	141
<b>Lampiran 11.</b> Dokumentasi pengukuran pasien dari arah <i>anterior, posterior, left lateral, dan right lateral</i> .....	141
<b>Lampiran 12.</b> Dokumentasi (a) radiofarmaka Iodin-131, (b) kamar isolasi pasien .....	142
<b>Lampiran 13.</b> Dokumentasi peneliti .....	142
<b>Lampiran 14.</b> Lembar persetujuan pasien dalam keikutsertaan penelitian .....	143
<b>Lampiran 15.</b> Formulir penjelasan kepada calon subyek penelitian .....	145

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Penggunaan zat radioaktif di bidang industri, teknik, pertanian, kedokteran, hidrologi, dan bidang lain, telah meningkat dalam beberapa dekade terakhir. Penggunaan zat radioaktif bertujuan untuk meningkatkan kesehatan manusia dan memudahkan kelangsungan hidup manusia. Zat radioaktif mempunyai sifat kimia yang sama dengan isotop stabil, sehingga banyak digunakan sebagai peruntut dan sumber radiasi. Penggunaan zat radioaktif didasarkan pada sifat radiasi yang berfungsi sebagai sumber radiasi, yang dapat memiliki dampak pada materi atau makhluk dalam bentuk fisik, kimia, dan biologis (Murniasih & Sumirno, 2016). Sebagaimana Allah berfirman dalam Al-Qur'an,

وَأَنْفَقُوا فِي سَبِيلِ اللَّهِ وَلَا تَنْقُوا بِأَيْدِيكُمْ إِلَى الْنَّهَلَكَةِ وَأَحْسِنُوا إِنَّ اللَّهَ يُحِبُّ الْمُحْسِنِينَ ١٩٥

Artinya: "Dan belanjakanlah (harta benda kalian) di jalan Allah, dan janganlah kamu menjatuhkan dirimu sendiri ke dalam kebinasaan, dan berbuat baiklah, karena sesungguh Allah menyukai orang-orang yang berbuat baik" (QS. Al-Baqarah [2:195]).

Dalam ayat tersebut, diajarkan manusia untuk menjaga diri dan orang lain dari bahaya (Iman, 2011), termasuk yang berasal dari paparan radiasi berlebih. Ayat ini juga mengingatkan umat Islam untuk tidak melakukan sesuatu yang dapat membahayakan tubuh atau lingkungan sekitar, seperti halnya paparan radiasi yang berisiko merusak kesehatan jika tidak dikendalikan dengan baik. Mengelola radiasi dengan hati-hati dan mengikuti prosedur keselamatan merupakan bagian dari usaha menjaga keselamatan dan kesehatan

manusia, yang sesuai dengan prinsip ajaran islam untuk tidak menyakiti diri sendiri dan orang lain.

Zat radioaktif digunakan dalam kedokteran untuk mendeteksi atau menentukan dan terapi berbagai penyakit, seperti  $^{99}\text{Tc}$ ,  $^{201}\text{Tl}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{24}\text{Na}$ ,  $^{133}\text{Xe}$ ,  $^{32}\text{P}$ ,  $^{85}\text{Sr}$ ,  $^{75}\text{Se}$ ,  $^{60}\text{Co}$ , dan  $^{59}\text{Fe}$ . Pada bidang kedokteran selalu mempertimbangkan manfaat dan waktu luruh radioaktivitas saat menggunakannya. Iodin adalah salah satu radioaktivitas yang paling banyak digunakan dalam kedokteran (Murniasih & Sumirno, 2016). Iodin adalah salah satu mineral yang sangat diperlukan oleh tubuh, terutama untuk kelenjar tiroid dalam memproduksi beberapa hormon. Kekurangan iodin dapat menyebabkan penyakit seperti gondok dan luka sulit sembuh. Dalam beberapa kasus, iodin juga digunakan dalam terapi radioaktif untuk mengobati kanker tiroid. Terapi ini menggunakan isotop radioaktif iodin yang disebut radioiodine, yang berfungsi menghancurkan sel-sel tiroid berlebih dan membantu mengurangi jumlah hormon tiroid yang berlebihan (Octavianty & Dewajani, 2020).

Salah satu zat radioaktif yang digunakan dalam kedokteran nuklir untuk pengobatan kanker tiroid yaitu Iodin-131. Iodin-131 digunakan untuk terapi hipertiroid dan kanker tiroid yang menghasilkan energi partikel beta sebesar 0,61 MeV dengan rata-rata energi yang dihasilkan sebesar 0,192 MeV. Partikel beta memiliki energi yang cukup tinggi sehingga dapat menyebabkan ionisasi dan kerusakan lokal pada jaringan, yang digunakan untuk menghancurkan sel-sel tiroid termasuk sel kanker tiroid. Iodin-131 juga menghasilkan energi radiasi gamma sebesar 364 KeV, yang dipancarkan keluar dari tubuh dan

memungkinkan pemantauan distribusi radiofarmaka melalui *imaging*. Radiosotop iodin lainnya yaitu, Iodin-123 dan Iodin-125 hanya memancarkan sinar gamma, sehingga tidak efektif untuk terapi (Mutohar dkk, 2017).

Penggunaan iodin dalam terapi radioaktif untuk kanker tiroid dapat berfungsi meningkatkan probabilitas bertahan hidup bagi penderita kanker tiroid. Selain itu, iodin juga digunakan dalam pengobatan hipertiroid, yaitu kondisi dimana kelenjar tiroid menghasilkan hormon tiroid yang berlebihan. Terapi iodin radioaktif dapat membantu mengurangi produksi hormon tiroid yang berlebihan dan mengembalikan kelenjar tiroid ke kondisi normal. Penyakit tiroid adalah kondisi di mana bentuk atau fungsi kelenjar tiroid berubah. Kelenjar tiroid terletak di leher dan bertanggung jawab untuk menghasilkan hormon tiroid, yang mengatur metabolisme tubuh. Gangguan pada kelenjar tiroid dan hormon tiroid menyebabkan berbagai gejala, tergantung pada penyebabnya. Penyakit hipotiroid terjadi ketika kelenjar tiroid berubah dan menghasilkan terlalu sedikit atau tidak cukup hormon tiroid (Tantika, 2022).

Pada tahun 2020, kanker tiroid menempati peringkat kesembilan sebagai penyebab 586.000 (3%) kasus baru dari total 36 jenis kanker dan ada sekitar ratusan juta orang yang menderita gangguan tiroid di seluruh dunia. Indonesia adalah negara tertinggi di Asia Tenggara dengan jumlah penderita penyakit tiroid sejumlah 17 juta orang, atau 6,5 % dari seluruh populasi (Saragih & Simangunsong, 2021). Di Indonesia, selama lima tahun terakhir, tercatat 38.650 kasus kanker tiroid yang meliputi semua kelompok usia dan jenis kelamin. Kanker tiroid juga berada di urutan ke-12 dari semua jenis kanker pada tahun

2020, dengan total 13.114 (3,3%) kasus dan 2.224 (0,95%) kematian. Data ini menunjukkan bahwa tingkat mortalitas akibat kanker tiroid cukup rendah, yaitu 0,5 per 100.000 untuk wanita dan 0,3 per 100.000 untuk pria. Menurut informasi yang dipublikasikan oleh Kementerian Kesehatan Republik Indonesia pada tahun 2015, diabetes melitus (DM) adalah penyakit metabolik kedua yang paling umum, setelah penyakit tiroid. Penyakit tiroid ini lebih umum diderita pada perempuan daripada laki-laki. Di Indonesia sekitar 14,7% perempuan dan 12,8% laki-laki dicurigai menderita penyakit hipertiroid, serta 2,2% perempuan dan 2,7% laki-laki dicurigai menderita penyakit hipotiroid (Ariawan & Made, 2023). Di Yogyakarta tercatat kasus gangguan tiroid, dengan 18,1% penderita gondok di Kabupaten Sleman, 35,5% di Kecamatan Prambanan dan 10% anak di Kecamatan Cangkringan yang mengalami kelebihan iodin (Mutalazimah dkk, 2013). Menurut data satu sehat, pada tahun 2024 di Provinsi D.I Yogyakarta Kabupaten Sleman, ada sejumlah 20.433 pencatatan kasus yang berkaitan dengan hipotiroid pada bayi baru lahir (Satu Sehat, 2025).

Penyakit tiroid adalah penyakit yang sangat umum di dunia dan di Indonesia, dengan jumlah pasien yang terus meningkat. Upaya pencegahan dan pengelolaan penyakit tiroid di Indonesia dapat menjadi semakin optimal dengan kolaborasi berbagai sektor dan meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya skrining penyakit tiroid. Terapi iodin radioaktif adalah prosedur medis yang digunakan untuk mengobati kanker tiroid dan hipertiroid. Dalam prosedur ini, pasien diberikan dosis radioaktif iodin yang diserap oleh kelenjar tiroid dan menghancurkan sel-sel tiroid berlebih. Namun, prosedur ini juga

memerlukan proteksi radiasi untuk mencegah paparan radiasi pada orang lain (Mutohar dkk, 2017)

Proteksi radiasi adalah suatu cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari masalah kesehatan manusia maupun lingkungan dan kaitannya dalam memberikan perlindungan kepada seseorang atau kelompok orang ataupun kepada keturunan yang dapat merugikan akibat dari paparan radiasi (Normawati dkk, 2021). Proteksi radiasi adalah tindakan yang dilakukan untuk mengurangi pengaruh radiasi yang merusak akibat paparan radiasi (BAPETEN, 2013). Pekerja radiasi dan masyarakat umum dapat terpapar radiasi secara langsung atau tidak langsung melalui berbagai cara, seperti penggunaan alat radiologi, pengobatan kanker dengan radioterapi, dan penggunaan bahan radioaktif dalam berbagai industri. Paparan radiasi dapat membahayakan kesehatan manusia, terutama jika dosis radiasi yang diterima melebihi Nilai Batas Dosis (NBD) yang diterapkan. Proteksi radiasi terhadap masyarakat dan pekerja sangat penting untuk mengurangi risiko paparan radiasi yang dapat membahayakan kesehatan manusia. Dalam beberapa kasus, proteksi radiasi dapat dilakukan dengan menggunakan peralatan keselamatan radiasi, seperti *lead apron*, sarung tangan, dan pelindung tiroid, serta dengan mengikuti prosedur kerja yang berlaku dan melakukan verifikasi keselamatan radiasi secara teratur (BAPETEN, 2013).

Masa isolasi pasien adalah salah satu aspek proteksi radiasi yang penting dalam terapi iodin radioaktif. Selama masa isolasi, pasien diizinkan untuk tinggal di ruang isolasi khusus untuk mencegah orang lain terpapar radiasi.

Masa isolasi ini biasanya bergantung pada aktivitas, jika aktivitas kecil ( $\pm$  30 mCi) maka isolasi hanya beberapa jam pasca pemberian iodin, sedangkan untuk aktivitas  $>$  30 mCi masa isolasi bisa terjadi beberapa hari (Mutohar dkk, 2017). Masa isolasi ini penting untuk mencegah paparan radiasi pada orang lain dapat dikurangi, sehingga memastikan keselamatan dan kesehatan pasien.

Menurut IAEA *Safety Report Series* No. 63 (SRS 63), dalam menetapkan kriteria pemulangan pasien dapat melalui cara pengukuran aktivitas maksimum yang tersisa dalam tubuh pasien. Batas aktivitas sisa yang digunakan dapat bervariasi, karena sering kali di dasarkan pada model perhitungan kasus yang terlalu konservatif atau kasus terburuk. Secara umum, batas tersebut ditentukan berdasarkan estimasi dosis atau laju dosis konsekuensi yang berpotensi diterima oleh perawat/pendamping pasien, anggota keluarga, anggota masyarakat, atau kombinasi dari ketiganya (IAEA, 2009). Menurut Pedoman Teknis Rilis Pasien (*Release of Patient*) pada Kedokteran Nuklir tahun 2020 bab II tentang Rilis Pasien Kedokteran Nuklir menyatakan bahwa rumah sakit dapat memulangkan pasien dengan ketentuan apabila jumlah laju dosis pada jarak 1 m yang diberikan kepada pasien yaitu  $\leq$  70  $\mu$ Sv/jam untuk pemberian Iodin-131 (BAPETEN, 2020).

Penelitian mengenai evaluasi aspek terapi Iodin-131 sudah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Penelitian yang dilakukan oleh Brudecki dkk. (2020) berfokus pada pengukuran tingkat kontaminasi internal yang diterima oleh anggota keluarga pasien, sedangkan Khan dkk. (2023) menilai hasil terapi klinis pada pasien hipertiroid dan mengidentifikasi faktor-faktor

yang terkait. Di sisi lain, Al-Esaei dkk. (2024) melakukan penelitian untuk mengevaluasi besarnya paparan dosis radiasi yang diterima oleh tenaga medis selama prosedur terapi berlangsung. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Sudarso (2022) membahas perhitungan waktu paruh efektif Iodin-131 pada pasien yang menderita kanker tiroid dengan menentukan laju paparan tubuh pasien menggunakan surveimeter Digilert50 dan *Gamma Scout* yang dilakukan pada waktu 2, 14, 24, dan 38 jam setelah pemberian Iodin-131 dan membahas pengaruh aktivitas metabolisme tubuh dengan mencari waktu *washing out* dengan mengukur laju paparan urin pasien pada waktu 14, 24, dan 38 jam setelah pemberian Iodin-131 dengan menggunakan jarak pengukuran 1 m dari jarak pasien pada tempat yang sama dan aktivitas dosis yang diberikan sebesar 80, 100, 150 mCi. Sementara itu, penelitian yang dilakukan oleh Barros dkk. (2020) berfokus pada menghitung lamanya masa rawat inap pasien berdasarkan aktivitas radiofarmaka yang diberikan sebesar 100, 150, 200 dan 250 mCi dengan menganalisis radiometri yang dilakukan selama pasien dirawat pada waktu pengukuran 0 jam dan 2 jam setelah pemberian iodin radioaktif di ruang terapi, dengan pasien dalam posisi ortostasis di depan peneliti yang berjarak sebesar 2 meter.

Berdasarkan beberapa penelitian serupa sebelumnya, belum ada penelitian yang secara khusus melakukan pengukuran dosis radiasi pasien pasca pemberian Iodin-131 atau selama masa isolasi pada interval waktu tertentu yaitu 0, 4, 24, dan 45 jam yang diukur dengan jarak 1 meter pada sisi *anterior, left lateral, posterior, dan right lateral* tubuh pasien dengan aktivitas radioaktif

yang diberikan sebesar 30, 80, 100, 150 mCi di Instalasi Kedokteran Nuklir Rumah Sakit Sardjito Yogyakarta. Pada penelitian-penelitian sebelumnya belum pernah dilakukan uji signifikansi terkait perbedaan arah/sisi pengukuran laju dosis pasien. Selain itu belum pernah dilakukan perhitungan waktu paruh biologis berbasis data pengukuran aktual yang diperoleh dari perhitungan waktu paruh efektif masing-masing pasien. Hal ini terutama berlaku untuk fasilitas pelayanan kesehatan di Indonesia seperti Rumah Sakit Sardjito Yogyakarta Instalasi Kedokteran Nuklir. Hasil pengukuran laju dosis dianalisis secara menyeluruh dengan standar *release patient*.

Berdasarkan uraian tersebut, maka perlu untuk melakukan penelitian tentang pengukuran laju dosis dari pasien yang menerima terapi Iodin-131 untuk mengetahui apakah laju dosis yang dihasilkan oleh pasien terapi juga aman sesuai peraturan yang berlaku. Hubungan antara laju dosis dengan aktivitas Iodin-131 juga dianalisis untuk mengetahui sejauh mana peningkatan aktivitas memengaruhi besarnya laju dosis yang dipancarkan oleh pasien. Selain itu, penurunan laju dosis dari waktu ke waktu dapat juga digunakan untuk menentukan apakah nilai laju dosis dari setiap arah pengukuran yang berbeda mempunyai perbedaan hasil yang signifikan atau tidak dengan data pendukung berupa hasil citra dari pasien. Laju dosis dari masing-masing aktivitas zat radioaktif Iodin digunakan untuk memperkirakan masa isolasi pasien. Pada penelitian ini dilakukan analisis mengenai hubungan antara waktu paruh biologis dengan waktu paruh efektif masing-masing pasien.

## 1.2 Rumusan Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Berapakah rata-rata laju dosis radiasi pasien terapi Iodin-131 dari setiap aktivitas yang diberikan?
2. Bagaimanakah penurunan laju dosis yang diterima pasien terapi Iodin-131 pasca pemberian Iodin-131 dalam interval waktu tertentu?
3. Bagaimanakah pengaruh arah pengukuran terhadap nilai laju dosis yang diterima pasien terapi Iodin-131?
4. Bagaimanakah hubungan antara aktivitas dan laju dosis terhadap ketentuan *release patient*?
5. Bagaimanakah pengaruh waktu paruh biologis terhadap waktu paruh efektif dari setiap aktivitas yang diberikan pada masing-masing pasien?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengukur rata-rata laju dosis radiasi pasien terapi Iodin-131 dari setiap aktivitas yang diberikan.
2. Menganalisis penurunan laju dosis yang diterima pasien terapi Iodin-131 pasca pemberian Iodin-131 dalam interval waktu tertentu.
3. Menentukan perbedaan signifikansi arah pengukuran terhadap nilai laju dosis yang diterima pasien terapi Iodin-131.
4. Menganalisis hubungan antara aktivitas dan laju dosis terhadap ketentuan *release patient*.

5. Menganalisis pengaruh waktu paruh biologis terhadap waktu paruh efektif dari setiap aktivitas Iodin-131 yang diberikan pada masing-masing pasien.

#### **1.4 Batasan Penelitian**

Adapun batasan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Data pasien yang digunakan dalam rentang bulan Juni s.d Juli 2025.
2. Aktivitas radioaktif yang digunakan pasien sebesar 30, 80, 100, dan 150 mCi.
3. Interval pengukuran laju dosis radiasi adalah 0 jam, 4 jam, 24 jam, dan 45 jam.
4. Pengukuran dilakukan dalam jarak 1 meter.
5. Pengukuran dilakukan dari sisi *anterior*, *left lateral* (pasien menghadap ke arah kanan), *posterior*, dan *right lateral* (pasien menghadap ke arah kiri) tubuh pasien.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan penelitian di atas, maka manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Menyediakan data untuk mendukung pengambilan keputusan klinis dan kebijakan rumah sakit dalam terapi Iodin-131.
2. Memberikan informasi kepada masyarakat umum dan pekerja radiasi terkait paparan radiasi pasien terapi Iodin-131.
3. Memberikan informasi kepada pekerja radiasi dan tenaga medis kedokteran nuklir terkait paparan pasca terapi Iodin-131.

4. Memberikan informasi tentang proteksi radiasi di bagian kedokteran nuklir Rumah Sakit Sardjito Yogyakarta.



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengukuran laju dosis radiasi 39 pasien terapi Iodin-131. Pada interval waktu pengukuran saat setelah pemberian radiofarmaka, 4, 24, dan 45 jam setelah pemberian radiofarmaka. Pengukuran diukur dengan jarak 1 meter dari sisi *anterior*, *left lateral*, *posterior* dan *right lateral* tubuh pasien pada aktivitas radioaktif 30, 80, 100, dan 150 mCi di Instalasi Kedokteran Nuklir Rumah Sakit Sardjito Yogyakarta. Hasil rata-rata laju dosis radiasi pasien bervariasi bergantung pada besarnya aktivitas Iodin-131 yang diberikan. Semakin tinggi aktivitas radioaktif yang diberikan kepada pasien, maka semakin besar pula laju dosis radiasi yang terukur.
2. Nilai laju dosis radiasi 39 pasien terapi Iodin-131 pada interval waktu pengukuran saat setelah pemberian radiofarmaka, 4, 24, dan 45 jam setelah pemberian radiofarmaka. Pengukuran diukur dengan jarak 1 meter dari sisi *anterior*, *left lateral*, *posterior* dan *right lateral* tubuh pasien pada aktivitas radioaktif 30, 80, 100, dan 150 mCi di Instalasi Kedokteran Nuklir Rumah Sakit Sardjito Yogyakarta. Nilai laju dosis menurun secara signifikan seiring bertambahnya waktu setelah terapi. Laju dosis tertinggi tercatat pada 0 jam (setelah pemberian radiofarmaka), kemudian menurun bertahap pada 4 jam, 24 jam, hingga 45 jam sebelum pasien dipulangkan. Pola penurunan ini dapat

terjadi karena adanya penurunan biologis melalui urin, keringat, dan feses pada masing-masing pasien, sehingga menghasilkan penurunan aktivitas radioaktif dalam tubuh pasien.

3. Pengukuran dari berbagai arah tubuh 39 pasien terapi Iodin-131 pada interval waktu pengukuran saat setelah pemberian radiofarmaka, 4, 24, dan 45 jam setelah pemberian radiofarmaka. Pengukuran diukur dengan jarak 1 meter dari sisi *anterior*, *left lateral*, *posterior* dan *right lateral* tubuh pasien pada aktivitas radioaktif 30, 80, 100, dan 150 mCi di Instalasi Kedokteran Nuklir Rumah Sakit Sardjito Yogyakarta. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa arah pengukuran memberikan pengaruh signifikan terhadap nilai laju dosis yang diperoleh. Kondisi ini dapat dijelaskan oleh faktor anatomi, dimana kelenjar tiroid terletak dibagian *anterior* leher, serta dominan letak tiroid pasien yang mempengaruhi distribusi penyerapan Iodin-131.
4. Pada hasil pengukuran rata-rata laju dosis pasien yang diukur dengan jarak 1 meter dari sisi *anterior* tubuh pasien. Pengukuran dilakukan pada interval waktu setelah pemberian radiofarmaka dan 4 jam setelah pemberian radiofarmaka dengan aktivitas radioaktif 30, 80, 100, dan 150 mCi di Rumah Sakit Sardjito Yogyakarta. Hasil laju dosis rata-rata masih cukup besar dan di atas batas maksimal pasien diizinkan untuk pulang/meninggalkan rumah sakit. Menurut Pedoman Teknis Rilis Pasien (*Release of Patient*) pada Kedokteran Nuklir yang dikeluarkan oleh BAPETEN pada tahun 2020 yaitu sebesar 70  $\mu$ Sv/jam, sehingga pasien perlu dilakukannya isolasi selama 45 jam setelah pemberian radiofarmaka dengan tujuan laju dosis rata-rata pasien dapat turun pada interval

waktu 24 dan 45 jam setelah pemberian radiofarmaka dan menghasilkan dosis yang aman untuk pasien dan anggota keluarga/masyarakat yang berada di sekitar pasien. Dalam pengukuran dari sisi yang berbeda (*left lateral, posterior* dan *right lateral*), memberikan pola hasil yang tidak jauh berbeda dari hasil pengukuran rata-rata laju dosis pasien yang diukur dengan jarak 1 meter pada sisi *anterior* pada tubuh pasien. Dengan demikian, meskipun pasien menerima aktivitas awal yang relatif tinggi, periode isolasi yang cukup memungkinkan pasien dipulangkan dalam kondisi aman bagi masyarakat dan lingkungan sekitar.

5. Pengaruh waktu paruh paruh biologis terhadap waktu paruh efektif dari 39 pasien terapi Iodin-131 pada interval waktu pengukuran saat setelah pemberian radiofarmaka, 4, 24, dan 45 jam setelah pemberian radiofarmaka. Pengukuran diukur dengan jarak 1 meter dari sisi *anterior, left lateral, posterior* dan *right lateral* tubuh pasien pada aktivitas radioaktif 30, 80, 100, dan 150 mCi di Instalasi Kedokteran Nuklir Rumah Sakit Sardjito Yogyakarta menunjukkan bahwa waktu paruh efektif Iodin-131 dalam tubuh setiap pasien memiliki nilai yang berbeda-beda. Meskipun radiofarmaka yang diberikan dengan aktivitas radioaktif yang sama pada seluruh pasien, waktu paruh efektif yang dihasilkan berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa variasi waktu paruh efektif tidak disebabkan oleh besar kecilnya aktivitas radiofarmaka yang diberikan. Setelah dilakukan perhitungan terhadap waktu paruh biologis masing-masing pasien, ditemukan bahwa terdapat keselarasan antara nilai waktu paruh biologis dengan waktu paruh efektif. Semakin panjang waktu paruh biologis dalam tubuh

pasien, maka semakin panjang pula waktu paruh efektif radiofarmaka Iodin-131 dalam tubuh pasien. Hal tersebut juga menunjukkan bahwa eliminasi radiofarmaka secara biologis memiliki pengaruh terhadap panjang atau pendeknya waktu paruh efektif.

## 5.2 Saran

Adapun beberapa saran kepada peneliti yang akan melaksanakan penelitian selanjutnya yaitu:

1. Memperbanyak variasi interval/jeda waktu pengukuran, sehingga penurunan laju paparan dan laju dosis pasien dapat diamati lebih detail
2. Melakukan pengukuran laju dosis dari ekskresi pasien, misalnya urin, untuk mengetahui distributif radioaktif yang dikeluarkan tubuh
3. Menggunakan dan membandingkan berbagai jenis surveymeter untuk memperkuat validasi hasil pengukuran
4. Menganalisis faktor-faktor pasien (usia, jenis kelamin, berat badan, kondisi metabolisme) yang dapat mempengaruhi variasi laju dosis dan waktu paruh biologis
5. Mengembangkan penelitian pada pasien dengan kombinasi radiosotop lain, sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai karakteristik laju dosis dalam berbagai kondisi terapi kedokteran nuklir.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akhadi, M. 2005. Mengoptimalkan Penggunaan Dosimeter Perorangan Di Medan Radiasi Campuran. *Buletin Alara, Vol 7 Nomor 1&2 Agustus&Desember 2005* : 47-55, 241216.
- Alatas, Z., & Lusiyanti, Y. 2014. Dosimetri Biologik Sitogenetik Pada Liquidator Kecelakaan Chernobyl. *Jurnal Teknologi Pengelolaan Limbah, Vol 17 Nomor 1 Juli 2024*.
- Ariawan, W. E., & I Made Agus Widiana, P. 2023. Sistem Pakar Mendiagnosa Penyakit Tiroid Menggunakan Metode Certainty Factor Berbasis Web. *Jurnal Sutasoma, Vol 01 Nomor 01 Desember 2022* : 104–110. <https://doi.org/10.58878/sutasoma.v1i2.192>
- Badan Pengawas Tenaga Nuklir. 2012. Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 17 Tahun 2012 tentang Keselamatan Radiasi dalam Kedokteran Nuklir. Jakarta: Badan Pengawas Tenaga Nuklir.
- Badan Pengawas Tenaga Nuklir. 2013. Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 4 Tahun 2013 tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir. Jakarta: Badan Pengawas Tenaga Nuklir.
- Badan Pengawas Tenaga Nuklir. 2020. Pedoman teknis rilis pasien pada kedokteran nuklir. Jakarta: Badan Pengawas Tenaga Nuklir.
- Badan Pengawas Tenaga Nuklir. 2022. Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 23 Tahun 2022 tentang Standar dan/atau Persyaratan Mutu Obat dan Bahan Obat. Jakarta:Badan Tenaga Nuklir.
- Brudecki, K., Kluczecka-Gałka, A., Zagrodzki, P., Jarząb, B., Gorzkiewicz, K., & Mróz, T. 2020. 131I thyroid activity and committed dose assessment among family members of patients treated with radioactive iodine. *Radiation and Environmental Biophysics, Vol 59 Nomor 3 June 2020* : 559–564. <https://doi.org/10.1007/s00411-020-00860-z>.
- Giyatmi, Muhammad F, F., Holly R, M., Akbar P, M. R., & Bhakti P, D. 2024. *Perbandingan Dosimetri Radiokromik dari Bunga Sepatu (Hibiscus Rosa-Sinensis L.) dan Bunga Telang (Clitoria Ternatea L.). Vol 2 Nomor 1 Juli 2024* : 221–233.

Gordon, L., Levine, J. H., Mayfield, R. K., & Buse, M. G. (1979). Adrenal Imaging with Iodomethyl-Norcholesterol (I-131) in Primary Aldosteronism. *Journal of Nuclear Medicine, Vol 20 Nomor 1 June 1979* : 7-10.

Howell, R. W., Wessels, B. W., Loevinger, R., Watson, E. E., Bolch, W. E., Brill, A. B., Charkes, N. D., Fisher, D. R., Hays, M. T., Robertson, J. S., Siegel, J. A., & Thomas, S. R. (1999). The MIRD perspective 1999. *Journal of nuclear medicine : official publication, Society of Nuclear Medicine, Vol 40 Nomor 1 January 1999* : 38-108.

International Atomic Energy Agency. 2009. Safety Reports Series No. 63, Release of Patients After Radionuclide Therapy. *Health Physics*, (No.6).International Atomic Energy Agency.Vienna Austria  
<https://doi.org/10.1097/hp.0b013e31826f551f>.

Iman, F. 2011. Harta Dalam Perspektif Al-Qur'an: Studi Tafsir Maudhu'I. *Alqalam, Vol 28 Nomor 1 Januari-April 2011* : 139-166.  
<https://doi.org/10.32678/alqalam.v28i1.543>.

Islamiaty, R. R., & Halimah, E. 2018. Review : Tinjauan Pustaka Mengenai Karakteristik Radioisotop yang Digunakan Pada Radiofarmaka. *Farmaka, Vol 16 Nomor 1 Agustus 2018* : 222-230.

Liu, H., Chen, B., & Zhuo, W. 2021. A progress review on methods for *in vivo* measurement of  $^{131}\text{I}$  in thyroids by using portable gamma spectrometers. Dalam *Radiation Medicine and Protection, Vol. 2 2021* : 155–159. KeAi Communications Co. <https://doi.org/10.1016/j.radmp.2021.09.001>.

Lubis, H., Muthalib, A., Gunawan, A. H., Sriyono, Sucipto, E., & Hambali. 2005. *Uji Produksi Mo-99 Hasil Fisi dengan Bahan Sasaran Foil Leu Buatan P2TBDU-Batan. Jurnal Radiosotop dan Radiofarmaka, Vol 8 Oktober 2005* : 28-36.

Meier, D. A., Brill, D. R., Becker, D. V., Clarke, S. E. M., Silberstein, E. B., Royal, H. D., & Balon, H. R. 2002. Procedure guideline for therapy of thyroid disease with  $^{131}\text{I}$ odine. *Journal of Nuclear Medicine, Vol 43 Nomor 6 June 2002* : 856-861.

Mukh, S. 2023. *Applikasi Biologi Radiasi: Dasar-dasar dan Aplikasi*.Badan Riset dan Inovasi Nasional.Jakarta.

Murniasih, S., & Sumirno. 2016. *Uji Peforma Laboratorium Aan Pada Pengukuran Radionuklida Dengan Aktivitas Rendah*. Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah-Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir. Surakarta, 9 Agustus 2016: Pusat Sains dan Teknologi Akselerator, Badan Tenaga Nuklir Nasional-Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.

Mutalazimah, M., Mulyono, B., Murti, B., & Azwar, S. (2013). Asupan Yodium, Ekskresi Yodium Urine, dan Goiter pada Wanita Usia Subur di Daerah Endemis Defisiensi Yodium. *Kesmas: National Public Health Journal*, **Vol 8 Nomor 3 Oktober 2013** : 133-138. <https://doi.org/10.21109/kesmas.v8i3.359>

Mutohar, A., Setiabudi, W., & Shintawati, R. 2017. Laju paparan dan dosis radiasi dari pasien terapi kelainan kelenjar tiroid dengan pemberian radiofarmaka Iodium-131. *Youngster Physics Journal*, **Vol 6 Nomor 1 Januari 2017** : 22-31.

Normawati, S., Rustiah, W., Ansar, A., Mahdania, H., & Makassar, U. 2021. *Analysis of Radiation Protection for Radiation Workers in the Radiology Installation of Hasanuddin Makassar University Hospital. Journal of Health Quality Development*, **Vol 1 Nomor 1 Juni 2012** : 80-85.

Octavianty, C. L. T., & Dewajani, H. 2020. *Studi Literatur: Stabilitas Mutu DAN Perhitungan Kinetika Reksi Penurunan Kadar Iodium Pada Garam. Jurnal Teknologi Separasi*, **Vol 6 Nomor 2 Agustus 2020** : 362-372. <http://distilat.polinema.ac.id>

Puspita, Y., Sudarso, D., Widita, R., & Shintawati, R. 2022. *Pengukuran Waktu Paruh Efektif I-131 Pada Kanker Tiroid*. Prosiding Seminar Nasional Fisika 2021. Jember, 2021: Program Studi Fisika dan Pendidikan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jember.

Putri, A., Zurma, R., Putri, E. R., & Munir, R. 2023. Analisis Laju Paparan Radiasi Pada Daerah Kerja di Instalasi Kedokteran Nuklir RSUD Abdoel Wahab Sjahranie. *Progressive Physics Journal*, **Vol 4 Nomor 2 Desember 2023** : 270-275. <https://doi.org/10.30872/ppj.v4i2.990>

Riyatun. 2021. *Dosimetri*. Unit Pelaksanaan Teknis Laboratorium Terpadu Universitas Sebelas Maret.

Saragih, N., & Simangunsong, A. 2021. *View of Sistem Pakar Mendiagnosa Penyakit Tiroid Menggunakan Metode Dempster Shafer*. *Jurnal Mahajana Informasi*, **Vol 6 Nomor 2 Desember 2021** : 16-23.

Satu Sehat. 2025. *Skrining Hipotiroid Kongenital*.  
<https://satusehat.kemkes.go.id/data/dashboard/356410b6-2335-4d54-9099-aa16a51498e1>

Tantika, R. S. 2022. Penggunaan Metode Support Vector Machine Klasifikasi Multiclass pada Data Pasien Penyakit Tiroid. *Bandung Conference Series: Statistics*, **Vol 2 Nomor 2 Desember** : 159-166.  
<https://doi.org/10.29313/bcss.v2i2.3590>

