



UNIVERSITAS PERTAHANAN RI

**ANALISIS DOSIS ^{99m}Tc-PERTEKNETAT PADA PRIA DAN
WANITA DEWASA UNTUK PROSEDUR DIAGNOSTIK DI
INSTALASI KEDOKTERAN NUKLIR RUMAH SAKIT MILITER
BERBASIS UJI BIODISTRIBUSI HEWAN MODEL MENCIT**

DIASTUTY FAJAR UTAMI

320210304008

**Skripsi yang Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan dalam
Mendapatkan Gelar Sarjana**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM MILITER
PROGRAM STUDI FISIKA**

BOGOR 2025

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

Nama : Diastuty Fajar Utami
NIM : 320210304008
Program Studi : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer
Judul Skripsi : Analisis Dosis ^{99m}Tc -Perteknetat pada Pria dan Wanita Dewasa untuk Prosedur Diagnostik di Instalasi Kedokteran Nuklir Rumah Sakit Militer Berbasis Uji Biodistribusi Hewan Model Mencit

Dosen Pembimbing I,



Raditya Faradina Pratiwi, M.Si., MHC
NIP. 198708242022032001
Tanggal: 24 Juli 2025

Dosen Pembimbing II,



Syarifatul Ulya, M.Si.
NIP. 199208102020122008
Tanggal: 29 Juli 2025

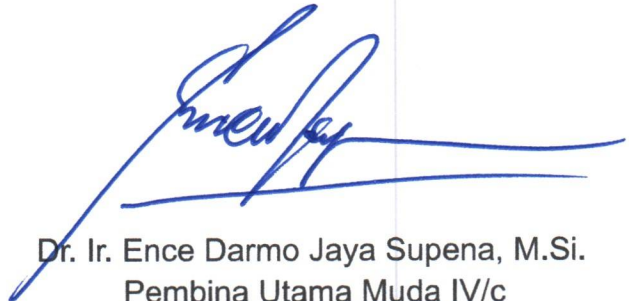
Mengetahui,

Kepala Program Studi Fisika,



M. Zuhnir Piliang, S.Si., M.Eng.
Kolonel Tek. NRP. 522657
Tanggal: 06 Agustus 2025

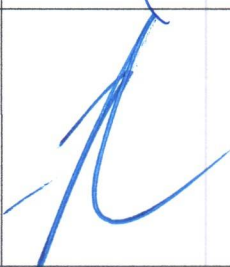
Dekan Fakultas MIPA Militer,



Dr. Ir. Ence Darmo Jaya Supena, M.Si.
Pembina Utama Muda IV/c
Tanggal: 11/8-2025

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Nama : Diastuty Fajar Utami
 NIM : 320210304008
 Program Studi : Fisika
 Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer
 Judul Skripsi : Analisis Dosis ^{99m}Tc -Perteknetat pada Pria dan Wanita Dewasa untuk Prosedur Diagnostik di Instalasi Kedokteran Nuklir Rumah Sakit Militer Berbasis Uji Biodistribusi Hewan Model Mencit

No	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Dosen Pembimbing 1: Raditya Faradina Pratiwi, M.Si., MHC NIP. 198708242022032001		29/07 2025
2.	Dosen Pembimbing 2: Syarifatul Ulya, M.Si. NIP. 199208102020122008		29/07 2025
3.	Dosen Penguji 1: Aditya Tri Oktaviana, S.Si., M.Si. NIP. 199210082022031003		30/07 2025
4.	Dosen Penguji 2: Dr. Ir. Sovian Aritonang, S.Si., M.Si. Marsekal Pertama TNI		29/07 2025

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau bagian karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan jenjang apapun di suatu Perguruan Tinggi; dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat istilah, frasa, kalimat, paragraf, sub bab atau bab dari karya yang pernah ditulis atau diterbitkan; kecuali yang secara tertulis diajukan dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Referensi.

Apabila di kemudian hari terbukti bahwa terdapat plagiat dalam skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan/undang-undang yang berlaku.

Bogor, 11 - 08 - 2025



Diastuty Fajar Utami

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademika Universitas Pertahanan Republik Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Diastuty Fajar Utami

NIM : 320210304008

Program Studi : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pertahanan Republik Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalti-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Analisis Dosis ^{99m}Tc -Pertekenetat pada Pria dan Wanita Dewasa untuk Prosedur Diagnostik di Instalasi Kedokteran Nuklir Rumah Sakit Militer Berbasis Uji Biodistribusi Hewan Model Mencit

Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Pertahanan Republik Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Dibuat di : Bogor
Pada tanggal : 4 Agustus 2025
Yang menyatakan



Diastuty Fajar Utami
NIM. 320210304008

KATA PENGANTAR

Puji syukur peneliti panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan karunia-Nya penelitian skripsi dengan judul: *“Analisis Dosis ^{99m}Tc -Perteknetat pada Pria dan Wanita Dewasa untuk Prosedur Diagnostik di Instalasi Kedokteran Nuklir Rumah Sakit Militer Berbasis Uji Hewan Model Mencit”* dapat diselesaikan.

Penyusunan skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer, Universitas Pertahanan RI.

Penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu, pada kesempatan ini Kadet Mahasiswa mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kolonel Tek M. Zuhnir P., S.Si., M.Eng. selaku Kepala Prodi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer, Universitas Pertahanan RI,
2. Ibu Raditya Faradina Pratiwi, M.Si., MHC selaku dosen pembimbing yang telah mengarahkan, memberi masukan, dan membimbing peneliti dalam penyusunan skripsi,
3. Ibu Dr. Marlina, M.Si. selaku kepala kelompok radioisotop PRTRRB BRIN yang telah mengizinkan data ^{99m}Tc -Perteknetat untuk dipakai dalam penelitian ini,
4. Ibu Nur Rahmah Hidayati, M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah mengarahkan, memberi masukan, dan membimbing peneliti dalam penyusunan skripsi,
5. Ibu Syarifatul Ulya, M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah mengarahkan, memberi masukan, dan membimbing peneliti dalam penyusunan skripsi,
6. Seluruh Dosen dan Staf Prodi Fisika yang telah memberikan wawasan yang luas dan membantu peneliti sampai pada penyelesaian skripsi,

7. Kedua orang tua dan keluarga besar yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan selama penyelesaian skripsi,
8. Rekan Prodi Fisika Cohort 2 yang telah mendukung satu sama lain dalam pelaksanaan penyusunan skripsi,
9. Kakak asuh dan adik asuh yang telah mendukung pelaksanaan dan penyelesaian skripsi,
10. Tayangan F1 dan lagu One Direction yang menjadi penyemangat selama penyelesaian skripsi.

Peneliti menyadari bahwa skripsi ini masih kurang sempurna, oleh karena itu dengan kerendahan hati mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif demi kesempurnaan skripsi ini.

Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat terhadap pengembangan ilmu khususnya dalam estimasi dosis suatu radiofarmaka agar keamanan bagi pasien dan pekerja rumah sakit meningkat.

Bogor, 4 Agustus 2025

Diastuty Fajar Utami

ABSTRAK

Analisis Dosis ^{99m}Tc -Perteknetat pada Pria dan Wanita Dewasa untuk Prosedur Diagnostik di Instalasi Kedokteran Nuklir Rumah Sakit Militer Berbasis Uji Hewan Model Mencit

Pusat Penelitian Radioisotop, Radiofarmaka, dan Biodosimetri baru-baru ini mengembangkan beberapa radioisotop berbasis reaktor, termasuk [^{99m}Tc]Tc, [^{131}I]I, [^{153}Sm]Sm, [^{177}Lu]Lu, dan [^{32}P]P untuk mengatasi meningkatnya permintaan di Indonesia akan zat-zat penting ini. Untuk menilai toksisitas ^{99m}Tc -perteknetat dalam organ, evaluasi dosimetri dilakukan untuk menentukan dosis yang diserap pada manusia. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dosis yang diserap organ pada pria dan wanita dewasa menggunakan data biokinetik *in-vivo* yang diperoleh dari tikus pada 0.5, 1, 3, 5, dan 24 jam pasca injeksi. Organ dibedah dan diukur radioaktivitasnya untuk mendapatkan kurva waktu-aktivitas, yang kemudian dianalisis menggunakan perangkat lunak dosimetri yang berbeda: OLINDA/EXM 1.0, OLINDA/EXM 2.0, IDAC-DOSE 2.1, dan MIRDFIT. Farmakokinetik dalam organ mengikuti model *single-exponential* dengan *instant uptake*. Perkiraan dosis efektif (mSv/MBq) akan dibandingkan di lima model dosimetri. Untuk mencit dihasilkan OLINDA/EXM 1.0 (0.0022), OLINDA/EXM 2.0 (0.0022), MIRDFIT menggunakan OLINDA/EXM 1.0 dan OLINDA/EXM 2.0 (0.0018 dan 0.0018), IDAC-DOSE 2.1 menggunakan OLINDA/EXM 1.0 dan OLINDA/EXM 2.0 (0.0060 dan 0.0054). Untuk manusia dihasilkan OLINDA/EXM 1.0 (0.0020), OLINDA/EXM 2.0 (0.0021), MIRDFIT menggunakan OLINDA/EXM 1.0 dan OLINDA/EXM 2.0 (0.0017 dan 0.0018), IDAC-DOSE 2.1 menggunakan OLINDA/EXM 1.0 dan OLINDA/EXM 2.0 (0.0045 dan 0.0043). Dapat disimpulkan bahwa ^{99m}Tc -Perteknetat memenuhi kriteria kelayakan untuk aplikasi diagnostik kedokteran nuklir dengan kategori *underdose* dari nilai rekomendasi ICRP 128.

Kata kunci: ^{99m}Tc -perteknetat, uji biodistribusi, estimasi dosis internal

ABSTRACT

Analysis of ^{99m}Tc -Pertechnetate Dose in Adult Male and Female for Diagnostic Procedures at Nuclear Medicine Installation in Military Hospital Based on The Biodistribution Animal Model Mice

The Research Center for Radioisotope, Radiopharmaceutical, and Biodosimetry has recently developed several reactor-based radioisotopes, including [^{99m}Tc]Tc, [^{131}I]I, [^{153}Sm]Sm, [^{177}Lu]Lu, and [^{32}P]P, to address Indonesia's growing demand for these critical substances. To assess the toxicity of ^{99m}Tc -pertechnetate in the organs, a dosimetry evaluation was conducted to determine the absorbed dose in humans. This study aimed to evaluate organ-absorbed doses in adult male and female using in-vivo biokinetic data obtained from mice at 0.5, 1, 3, 5, and 24 h post-injection. Organs were harvested and measured for radioactivity to derive time-activity curves, which were then analyzed using different dosimetry software: OLINDA/EXM 1.0, OLINDA/EXM 2.0, IDAC-DOSE 2.1, and MIRDFIT. The pharmacokinetics in organ interest assumed to follows single-exponential with instant uptake. Effective dose estimates (mSv/MBq) were compared across five dosimetric models. For mice, OLINDA/EXM 1.0 (0.0022), OLINDA/EXM 2.0 (0.0022), MIRDFIT used OLINDA/EXM 1.0 and OLINDA/EXM 2.0 (0.0018 and 0.0018), IDAC-DOSE 2.1 used OLINDA/EXM 1.0 and OLINDA/EXM 2.0 (0.0060 and 0.0054). For humans, OLINDA/EXM 1.0 (0.0020), OLINDA/EXM 2.0 (0.0021), MIRDFIT using OLINDA/EXM 1.0 and OLINDA/EXM 2.0 (0.0017 and 0.0018), IDAC-DOSE 2.1 using OLINDA/EXM 1.0 and OLINDA/EXM 2.0 (0.0045 and 0.0043). It can be concluded that ^{99m}Tc -Pertechnetat meets the eligibility criteria for nuclear medicine diagnostic applications with the underdose category of ICRP 128 recommendation value.

Keywords: ^{99m}Tc -pertechnetat, biodistribution test, internal dosimetry estimation

DAFTAR ISI

	Halaman
SAMPUL DEPAN	i
LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.4.1 Manfaat Teoritis	3
1.4.2 Manfaat Praktis	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Landasan Teori	5
2.1.1 Radiofarmaka	5
2.1.2 Uji Biodistribusi	9
2.1.3 Dosimetri	11

2.1.4	TIAC (τ).....	15
2.1.5	<i>Gamma Counter</i>	16
2.1.6	<i>Software OLINDA/EXM 1.0</i>	18
2.1.7	<i>Software OLINDA/EXM 2.0</i>	20
2.1.8	<i>Software MIRDFIT</i>	22
2.1.9	<i>Software IDAC-DOSE 2.1</i>	23
2.1.10	Proteksi Radiasi	24
2.2	Hasil Penelitian Terdahulu	26
2.3	Kerangka Berpikir	29
2.4	Hipotesis.....	29
BAB III METODE PENELITIAN		30
3.1	Metode Penelitian	30
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian.....	30
3.3	Alat dan Bahan	32
3.3.1	Alat.....	32
3.3.2	Bahan.....	34
3.4	Variabel Penelitian	34
3.4.1	Variabel Terikat	34
3.4.2	Variabel Bebas	35
3.4.3	Variabel Kontrol	35
3.5	Prosedur Penelitian	35
3.5.1	Pengambilan Data Mencit.....	36
3.5.2	Pengolahan Data Mencit	36
3.6	Metode Analisis.....	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		38

4.1	Hasil	38
4.1.1	Hasil %ID/gram dari Metode Uji Biodistribusi	38
4.1.2	Hasil TIAC	39
4.1.3	Hasil Estimasi dosis ^{99m}Tc -Perteknetat	42
4.2	Pembahasan	51
4.2.1	Analisis %ID/gram dari Metode Uji Biodistribusi	51
4.2.2	Analisis TIAC	51
4.2.3	Analisis Estimasi dosis ^{99m}Tc -Perteknetat	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		55
DAFTAR PUSTAKA		57
LAMPIRAN		62



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema Peluruhan ^{99m}Tc	7
Gambar 2. 2 Anatomi Mencit	10
Gambar 2. 3 Kurva Waktu-Aktivitas	13
Gambar 2. 4 Skema Radiasi Organ Sumber ke Organ Target	14
Gambar 2. 5 <i>Gamma Counter</i> Model Wizard 2	17
Gambar 2. 6 Tampilan <i>Software</i> OLINDA/EXM 1.0	18
Gambar 2. 7 Tampilan <i>Software</i> OLINDA/EXM 2.0	20
Gambar 2. 8 Tampilan <i>Software</i> MIRDFIT	22
Gambar 2. 9 Tampilan <i>Software</i> IDAC-DOSE 2.1	23
Gambar 2. 10 Kerangka Berpikir	29
Gambar 3. 1 <i>Gamma Counter</i>	32
Gambar 3. 2 <i>Dose Calibrator</i>	33
Gambar 3. 3 Generator $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$	33
Gambar 3. 4 Diagram Alir Penelitian	35
Gambar 4. 1 %ID/gr Organ Hewan Mencit Hasil Uji Biodistribusi	38

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Karakteristik Radioisotop yang Digunakan dalam Kedokteran Nuklir dan Penerapannya	6
Tabel 2. 2 Daftar Radiofarmaka ^{99m} Tc	8
Tabel 2. 3 Nilai Faktor Bobot (W_R) Berbagai Jenis Radiasi	12
Tabel 2. 4 Nilai Faktor Bobot Organ (W_T)	13
Tabel 2. 5 Faktor Bobot Radiasi OLINDA/EXM 1.0	19
Tabel 2. 6 Massa Organ target OLINDA/EXM 1.0	19
Tabel 2. 7 Faktor Bobot Radiasi OLINDA/EXM 2.0	21
Tabel 2. 8 Massa Organ Target OLINDA/EXM 2.0	21
Tabel 2. 9 Nilai Batas Dosis	25
Tabel 2. 10 Hasil Penelitian Terdahulu	26
Tabel 3. 1 Waktu Penelitian.....	31
Tabel 4. 1 TIAC dengan Menggunakan Metode $TIAC_h = TIAC_a$	40
Tabel 4. 2 TIAC dengan Menggunakan Metode <i>Mass Scaling</i>	40
Tabel 4. 3 Dosis Serap Pria Dewasa dengan Menggunakan Metode $TIAC_h = TIAC_a$	42
Tabel 4. 4 Dosis Serap Wanita Dewasa dengan Menggunakan Metode $TIAC_h = TIAC_a$	44
Tabel 4. 5 Dosis Serap Pria Dewasa dengan Menggunakan Metode <i>Mass Scaling</i> TIAC.....	46
Tabel 4. 6 Dosis Serap Wanita Dewasa dengan Menggunakan Metode <i>Mass Scaling</i> TIAC	48
Tabel 4. 7 Dosis Efektif <i>Adult</i> Menggunakan Metode $TIAC_h = TIAC_a$ (mSv/MBq)	49
Tabel 4. 8 Dosis Efektif <i>Adult</i> Menggunakan Metode <i>Mass Scaling</i> TIAC (mSv/MBq)	49