

**ESTIMASI DOSIS HP (3) DAN HP (10) MENGGUNAKAN
PHANTOM PADA PESAWAT SINAR-X KONVENSIONAL**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Di
Jurusan Fisika Pada Fakultas MIPA**



Oleh:

ANGGELIKA BR SILABAN

NIM. 08021282025045

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2024

LEMBAR PENGESAHAN

**ESTIMASI DOSIS HP (3) DAN HP (10) MENGGUNAKAN *PHANTOM*
PADA PESAWAT SINAR-X KONVENSIONAL**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Jurusan
Fisika Pada Fakultas Mipa

Oleh:

ANGGELIKA BR SILABAN

08021282025045

Indralaya, Juli 2024

Menyetujui,

Pembimbing I



Dr. Ramlan

NIP. 196604101993031003

Pembimbing II



Dewi Kartikasari, S.Si., M.Si

NIP. 198612122010122001

Mengetahui

Ketua Jurusan Fisika



Dr. Friandiah Virgo, S.Si., M.T

NIP. 197009101994121001

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, Mahasiswa Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya:

Nama : Anggelika Br Silaban

NIM : 08021282025045

Judul TA : Estimasi Dosis Hp (3) Dan Hp (10) Menggunakan *Phantom* Pada Pesawat Sinar-X Konvensional

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun dengan judul tersebut adalah asli atau orisinalitas dan mengikuti etika penulisan karya tulis ilmiah sampai pada waktu skripsi in diselesaikan, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains di Program studi Fisika FMIPA Universitas Sriwijaya.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya tanpa ada paksaan dari pihak manapun. Apabila kemudian hari terdapat kesalahan ataupun keterangan palsu dalam surat pernyataan ini, maka saya siap bertanggung jawab secara akademik dan bersedia menjalani proses hukum yang telah ditetapkan.

Indralaya, 31 Juli 2024

Penulis,



Anggelika Br Silaban

NIM. 08021282025045

**HP (3) AND HP (10) DOSES ESTIMATIONS USING PHANTOMS ON
CONVENTIONAL X-RAY REVIEWERS**

By:

Angelika Br Silaban

08021282025045

ABSTRACT

The measurement of estimated doses of Hp (3) and Hp (10) radiation using a phantom aims to further study the estimated dose of HP (3) with the use of the Hp (10) dose as the basis for the application of radiation protection. The thermoluminescence dosimeter is heated to clear the residues of radiation previously absorbed using the annealing method with the help of furnace and oven tools. The TLD is radiated using an X-ray plane to obtain radiation dose values. The TLD was read with the Harshaw 3500 TLD Reader to determine the dose absorbed by the TLD. The dose value produced was 0.0608 mGy in the chest and 0.0884 mGy in the eye this dose value does not exceed the recommended dose limit value so that it does not harm the patient or the general public.

Keyword: X-rays, Phantom, TLD, ICRP, BAPETEN

Indralaya, Juli 2024

Menyetujui,

Pembimbing I



Dr. Ramlan

NIP. 196604101993031003

Pembimbing II

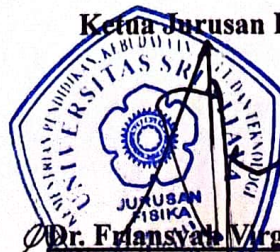


Dewi Kartikasari, S.Si., M.Si

NIP. 198612122010122001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Fisika



Dr. Fransyah Virgo, S.Si., M.T

NIP. 197009101994121001

**ESTIMASI DOSIS HP (3) DAN HP (10) MENGGUNAKAN *PHANTOM*
PADA PESAWAT SINAR-X KONVENSIONAL**

Oleh

Angelika Br Silaban
08021282205045

ABSTRAK

Pengukuran estimasi dosis radiasi Hp (3) dan Hp (10) menggunakan *phantom* bertujuan untuk mengkaji lagi estimasi dosis Hp (3) dengan menggunakan dosis Hp (10) sebagai dasar penerapan proteksi radiasi. *Thermoluminesce* dosimeter dipanaskan untuk membersihkan sisa radiasi yang diserap sebelumnya menggunakan metode *annealing* dengan bantuan alat *furnace* dan oven. TLD disinari menggunakan pesawat sinar-X untuk mendapatkan nilai dosis radiasi. TLD dilakukan pembacaan dengan TLD Reader Harshaw 3500 untuk mengetahui dosis yang diserap oleh TLD. Nilai dosis yang dihasilkan 0.0608 mGy pada dada dan 0.0884 mGy pada mata, nilai dosis ini tidak melebihi nilai batas dosis yang direkomendasikan sehingga tidak membahayakan pasien maupun masyarakat umum.

Kata Kunci: Sinar-X, *Phantom*, TLD, ICRP, BAPETEN

Indralaya, Juli 2024

Menyetujui,

Pembimbing I



Dr. Raman

NIP. 196604101993031003

Pembimbing II

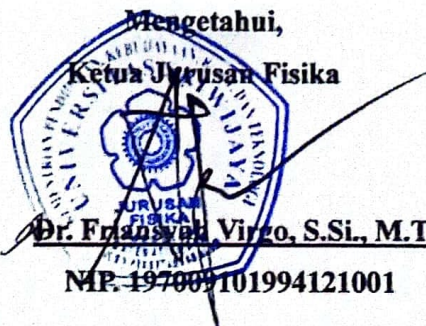


Dewi Kartikasari, S.Si., M.Si

NIP. 198612122010122001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Fisika



Dr. Fransiska Virgo, S.Si., M.T

NIP. 197009101994121001

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan rasa puji dan syukur marilah kita panjatkan kehadiran Tuhan yang Maha Esa, yang telah melimpahkan rahmat serta memberikan kesehatan jasmani dan rohani sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir dan laporan tugas akhir ini tepat pada waktunya. Tugas akhir yang telah saya laksanakan di Ortn Prtkmmn-Brin, Jl. Lebak bulus Jakarta Selatan. Bertujuan untuk menyelesaikan studi S1 di jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya, dengan skripsi yang berjudul “Estimasi Dosis Hp (3) Dan Hp (10) Menggunakan *Phantom* Pada Pesawat Sinar-X Konvensional”.

Saya mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu selama penyusunan laporan tugas akhir ini terutama kepada dosen pembimbing I, Bapak Dr. Ramlan, pembimbing II, Ibu Dewi Kartikasari, S.Si., M.Si, yang telah banyak memberikan bimbingan, bantuan, waktu dan kesabaran dalam membantu saya menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Selain itu saya juga mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah banyak memberikan bantuan moril, bimbingan, dukungan, kritik dan saran yang bersifat membangun, diantaranya:

1. Kepada kedua orang tua saya Pargaulan Silaban dan Purnama Silalahi yang selalu mendoakan, memberikan dorongan dan dukungan berupa moril, motivasi maupun materi serta penyemangat bagi penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Kepada Kakak Lady, Eno, Dewita, Moy dan Abang saya Frans yang telah memberikan semangat, dorongan dan bantuan materi sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Heru Prasetio, M.Si. Selaku kepala pusat riset teknologi keselamatan, metrologi dan mutu nuklir.
4. Mbak Alit sebagai Dokter Radioterapi di klink BRIN yang telah membantu penulis selama proses pengambilan data.

5. Seluruh staf di ORT PRTKMMN-BRIN , yang selalu memberikan banyak arahan, saran dan masukan yang sangat bermanfaat selama proses Tugas Akhir ini.
6. Bapak Prof. Hermansyah, S.Si., M.T., Ph.D selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
7. Bapak Dr. Frinsyah Virgo, S.Si., M.T. selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
8. Bapak Fiber Monado, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik.
9. Ibu Dr. Idha Royani, S.Si., M.Si. selaku dosen pembahas dan penguji penulis yang telah memberikan saran dan masukan untuk penulis selama perkuliahan dan dalam pengerjaan skripsi.
10. Ibu Dr. Netty Kurniawati S.Si., M.Si. selaku dosen pembahas dan penguji penulis yang telah memberikan saran dan masukan untuk penulis selama perkuliahan dan dalam pengerjaan skripsi.
11. Seluruh Dosen Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, selaku dosen yang selalu memberikan banyak arahan, saran dan masukan yang sangat bermanfaat selama proses Tugas Akhir ini.
12. Teman seperjuangan grup team TA Anisa, Martinus, Okta, Nurhidayah, dan Annisa Intan yang telah membantu menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini
13. Kepada Nopita dan Yeni yang telah memberikan semangat dan motivasi kepada penulis.
14. Teman-teman Fisika Material yang memberikan semangat dan motivasi selama proses Tugas Akhir ini.
15. Teman-teman Fisika UNSRI 2020 yang senantiasa memberikan inspirasi dan motivasi.
16. Almamater beserta Civitas Universitas Sriwijaya yang saya cintai dan banggakan.
17. Semua pihak yang membantu penulis selama penelitian dan penulisan skripsi yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Laporan Tugas Akhir ini dibuat dalam bentuk skripsi, pada dasarnya masih banyak kekurangan yang saya tulis dapat berupa penulisan ataupun teori yang

berkaitan dengan skripsi. Maka dari itu, saya memohon maaf dan besar harapan saya untuk kritik dan saran dari pihak-pihak instansi yang terkait atau pembaca. Semoga dengan terselesainya Tugas Akhir ini bisa bermanfaat untuk menambah wawasan kepada mahasiswa yang menjadikan Tugas Akhir ini sebagai acuan untuk mengembangkan pengetahuan selanjutnya. Saya akhiri dengan mengucapkan banyak terima kasih dan semoga skripsi saya dapat memberikan pengetahuan baru bagi pembaca yang meminatinya.

Indralaya, Juli 2024

Penulis

Angelika Br Silaban

NIM. 08021282025045

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
ABSTRACT.....	iii
ABSTRAK	iv
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR SINGKATAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Radiasi	5
2.2 Dosis Radiasi	5
2.2.1 Dosis Serap	6
2.2.2 Dosis Ekuivalen	6
2.2.3 Dosis Efektif	6
2.2 Efek Radiasi.....	7
2.4 Sinar-X	8
2.5 <i>Thermoluminescence Dosimeter</i>	9
2.6 <i>Phantom</i>	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	13
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	13

3.2 Alat dan Bahan	13
3.2.1 Alat Penelitian.....	13
3.2.2 Bahan Penelitian	14
3.3 Prosedur Penelitian.....	14
3.3.1 Proses <i>Annealing</i> TLD.....	14
3.3.2 Pengukuran Dosis Pada <i>Phantom</i>	15
3.3.3 Pembacaan Dosis Radiasi <i>Thermoluminescence Dosimeter</i>	16
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 Pengukuran Dosis Radiasi Pada Bagian Dada (Hp 10).....	18
4.3 Analisis Perbandingan Dosis Radiasi Antara Hp (3) dengan Hp (10) Dibagian Kanan dan Kiri Untuk Setiap Variasi Jarak	20
4.4 Hasil Grafik Hubungan Korelasi Hp (3) Dan Hp (10) Pada Setiap Jarak ...	21
4.5 Perbandingan Dosis Radiasi Organ Mata Yang Didapat dengan Rekomendasi ICRP	24
4.6 Perbandingan Dosis Organ Dada Yang Didapat Dengan Rekomendasi BAPETEN	24
BAB V PENUTUP	26
5.1 Kesimpulan.....	26
5.2 Saran.....	26
DAFTAR PUSTAKA	27
LAMPIRAN	32
Lampiran 1. Alat Penelitian.....	33
Lampiran 2. Bahan Penelitian	35
Lampiran 3. Dokumentasi Penelitian	36
Lampiran 5. Hasil Bacaan TLD Penyinaran 1 Pada Bagian Dada	43
Lampiran 6. Hasil Bacaan TLD Penyinaran 2 Pada Bagian Dada	47
Lampiran 7. Hasil Bacaan TLD Penyinaran 3 Pada Bagian Dada	52

Lampiran 8. Hasil Bacaan TLD Penyinaran 1 Pada Bagian Mata	56
Lampiran 9. Hasil Bacaan TLD Penyinaran 2 Pada Bagian Mata	59
Lampiran 10. Hasil Bacaan TLD Penyinaran 3 Pada Bagian Mata	61

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Alat Penelitian	13
Tabel 3. 2 Bahan Penelitian.....	14
Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran Dosis Radiasi Pada Bagian Dada (Hp 10).....	18
Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran Dosis Radiasi Pada Bagian Mata (Hp 3)	19
Tabel 4. 3 Perbandingan hasil pengukuran dosis pada mata terhadap NBD yang direkomendasikan ICRP.....	24
Tabel 4. 4 Perbandingan hasil pengukuran dosis pada dada terhadap NBD yang direkomendasikan BAPETEN	24

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tabung Pesawat Sinar-X (Sylvia Ariska Susanti, 2022)	8
Gambar 2. 2 Thermoluminescence Dosimeter (TLD-100)	9
Gambar 2. 3 Macam-Macam Bentuk TLD (Ardiansyah, 2015)	10
Gambar 2. 4 Prinsip Kerja Thermoluminescence Dosimeter (TLD)	10
Gambar 2. 5 Phantom.....	12
Gambar 3. 1 Proses Annealing Pada Suhu 400°C.....	14
Gambar 3. 2 Proses Annealing Pada Suhu 200°C.....	15
Gambar 3. 3 (a) Skema Pengaturan Eksperimental Penyinaran TLD (b) Foto Eksperimental Penyinaran dan Penempatan TLD	16
Gambar 3. 4 TLD Reader Harshaw 3500.....	16
Gambar 4. 1 Grafik Perbandingan Hp (3) dan Hp (10) di bagian kanan pada variasi jarak.....	20
Gambar 4. 2 Grafik Perbandingan Hp (3) dan Hp (10) di bagian kiri pada variasi jarak.....	21
Gambar 4. 3 Grafik Hubungan Korelasi Hp (3) dan Hp (10) Pada Jarak 50 cm ..	22
Gambar 4. 4 Grafik Hubungan Korelasi Hp (3) dan Hp (10) Pada Jarak 75 cm ..	22
Gambar 4. 5 Grafik Hubungan Korelasi Hp (3) dan Hp (10) Pada Jarak 100 cm	23

DAFTAR SINGKATAN

TLD	: <i>Thermoluminescence Dosimeter</i>
mSv	: Milisievert
Sv	: Sievert
kV	: Kilovolt
mA	: Miliampere
mAs	: Miliampere Seconds
SI	: Sistem Internasional
MGy	: Miligray
Gy	: Gray
cm	: Centimeter
nm	: Nanometer
mg	: Miligram
J/kg	: Joule Perkilogram
PC	: <i>Personal Computer</i>
°	: Derajat
C	: Celsius
α	: Alfa
β	: Beta
γ	: Gamma
%	: Persen
No	: Nomor
CaF ₂	: Kalsium Fluorida

Mn	: Mangan
CaSO ₄	: <i>Calcium sulfate</i>
LiF	: <i>Lithium Fluoride</i>
F_K	: Faktor Kalibrasi
kg	: Kilogram
PRTKMMN	: Pusat Riset Teknologi Keselamatan, Metrologi dan Mutu Nuklir
BRIN	: Badan Riset dan Inovasi Nuklir
BAPETEN	: Badan Pengawas Tenaga Nuklir
NBD	: Nilai Batas Dosis
ICRP	: <i>International Conference on Rebuilding Place</i>
IAEA	: <i>International Atomic Energy Agency</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sinar-x seringkali diidentifikasi berdasarkan energinya dari pada panjang gelombangnya karena panjang gelombangnya sangat kecil, berkisar antara 0,03 hingga 3 nanometer. Bahkan panjang gelombang beberapa sinar-x tidak lebih pendek dari diameter atom tunggal. Oleh karena itu, para ilmuwan cenderung memfokuskan perhatian pada energi sinar-x yang merupakan karakteristik utama dari radiasi [1]. Sinar-x memiliki energi sangat tinggi dengan panjang gelombang yang sangat pendek, sehingga mata manusia tidak dapat melihatnya [2]. Dalam bidang radiologi, perangkat sinar-x telah menjadi alat vital untuk pemeriksaan medis. Namun, penggunaan sinar-x juga membawa risiko paparan radiasi yang dapat berdampak negatif pada pasien dan tenaga medis.

Pada umumnya, penggunaan pesawat sinar-x sering menghasilkan citra berkualitas tinggi. Namun, kualitas Gambar tinggi ini dapat menyebabkan dosis tinggi paparan radiasi, yang pada gilirannya menghasilkan radiasi hambur yang signifikan. Radiasi hambur ini dapat memberikan dosis paparan radiasi tambahan kepada pasien dan operator alat. Operator dapat terpapar dosis radiasi hamburan berulang, yang dapat menyebabkan efek radiasi, meskipun pasien hanya menerima paparan radiasi selama proses pemindaian [3].

Efek radiasi dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis berdasarkan dosisnya: efek deterministik dan efek stokastik. Efek stokastik biasa terjadi pada radiasi dengan dosis rendah dan menyebabkan kerusakan jaringan serta perubahan fungsi organ. Efek ini juga bisa mengakibatkan perubahan dalam sistem jaringan tubuh. Sebaliknya, efek deterministik terjadi akibat paparan dosis radiasi tinggi dan dapat dirasakan atau dilihat secara langsung oleh orang yang terpapar. Efek deterministik dapat terjadi segera atau setelah beberapa minggu terpapar dan memiliki dosis ambang tertentu, di bawah dosis ini efek tersebut tidak akan terjadi. Sebagai contoh, *erythema* kulit (kemerahan pada kulit) terjadi pada paparan radiasi sebesar 3-6 Sv, sedangkan rontok pada rambut terjadi saat terpapar radiasi 6-12 Sv. [4].

Undang-undang di Indonesia mengatur penggunaan radiasi secara ketat. Perusahaan yang menggunakan radiasi harus memiliki sistem manajemen

keselamatan radiasi yang komprehensif. Sistem ini mencakup berbagai aspek, mulai dari organisasi khusus untuk keselamatan radiasi, pemantauan paparan radiasi, hingga pelatihan bagi pekerja. Batas dosis radiasi yang diperbolehkan bagi pekerja dan masyarakat umum juga diatur secara detail [5].

Dosis Hp (10) merupakan dosis ekuivalen perorangan pada kedalaman 10 mm, dosis Hp (10) biasa digunakan untuk pemantauan dosis radiasi perorangan dengan radiasi yang tinggi [6]. Dosis Hp (10) merujuk pada dosis yang diterima oleh organ atau jaringan yang sensitif terhadap radiasi sementara dosis Hp (3) merujuk pada dosis yang diterima oleh jaringan sekitar 3 mm dan jaringan mata di bawah permukaan kulit. Estimasi dosis ini sangat penting untuk mengevaluasi risiko radiasi yang mungkin dialami oleh pasien dan tenaga medis, serta untuk memastikan bahwa dosis radiasi yang diterima tetap berada dalam batas yang aman [7].

[8] melakukan penelitian tentang memperkiraan dosis Hp (3) menggunakan pengukuran dosis terstimulasi optik (osl) tipe kecil dan memperkirakan dosis Hp (10) dan Hp (7) menggunakan *thermoluminescence* dosimeter yang dipasang pada kerah ahli radiologi intervensi. Serta menentukan faktor konversi dari Hp (10) dan Hp (0,07) untuk memperkirakan dosis Hp (3). Hasil penelitian yang didapatkan nilai dosis Hp (10) dan Hp (0,07) untuk memperkirakan nilai dosis dari Hp (3) berlebihan selama prosedur intervensional radiologi hal ini dipengaruhi karena adanya perbedaan tingkat ketinggian pekerja radiologi. Penelitian ini menunjukkan bahwa tinggi pekerja radiologi mempengaruhi nilai konversi antar Hp (10) dan Hp (3).

[9] melakukan penelitian tentang estimasi dosis Hp (3) di antara anggota staff di dua unit kedokteran nuklir serta memantau hubungan korelasi Hp (3) dengan Hp (10). Hasil yang didapatkan nilai dosis ekuivalen Hp (3) tidak melebihi nilai batas dosis, serta korelasi antara Hp (3) dan Hp (10) baik sehingga dapat digunakan sebagai kandidat untuk memperkirakan Hp (3) dari Hp (10).

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan di atas, disimpulkan bahwa pengukuran estimasi dosis radiasi Hp (3) dan Hp (10) sangat penting. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji lagi estimasi dosis Hp (3) dengan menggunakan dosis Hp (10). Hp (10) digunakan dalam penelitian ini karena pekerja radiasi sering

menggunakan dosimeter *termoluminescence* (TLD) di bagian dada mereka. Penggunaan dosimeter ini di bagian dada memberikan estimasi dosis ekuivalen pada kedalaman 10 milimeter dari permukaan kulit, yang relevan dengan paparan radiasi eksternal. Dengan memperoleh dosis ekuivalen Hp (10) dari dosimeter ini, dapat dilakukan estimasi dosis ekuivalen Hp (3) dan Hp (10) dan menginvestigasi keterkaitan antara Hp (3) dan Hp (10).

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana estimasi dosis Hp (3) dan Hp (10) menggunakan TLD pada *phantom*?
2. Bagaimana pengaruh jarak penyinaran sinar-x konvensional terhadap dosis Hp (3) dan Hp (10)?
3. Bagaimana hubungan korelasi Hp (3) dan Hp (10) pada setiap variasi jarak.
4. Bagaimana perbandingan dosis Hp (3) dan Hp (10) dengan nilai batas yang telah direkomendasikan oleh BAPETEN dan ICRP?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui dan menganalisa estimasi dosis Hp (3) dan Hp (10) menggunakan TLD pada *phantom*.
2. Mengetahui dan menganalisa pengaruh jarak penyinaran sinar-x konvensional terhadap dosis Hp (3) dan Hp (10).
3. Mengetahui dan menganalisa hubungan korelasi Hp (3) dan Hp (10) pada setiap variasi jarak.
4. Mengetahui dan menganalisa perbandingan dosis Hp (3) dan Hp (10) dengan nilai batas yang telah direkomendasikan oleh BAPETEN dan ICRP.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini berfokus mengenai perbandingan estimasi dosis Hp (3) dengan Hp (10) dengan tegangan yang diberikan pada tabung sebesar 70 kV dengan memvariasikan jarak antara *phantom* dan tabung.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu meningkatkan pemahaman tentang estimasi dosis, nilai batas dosis radiasi, dosis ekuivalen perorangan serta pengaruh jarak yang efektif saat proses penyinaran dan dapat digunakan sebagai dasar penerapan proteksi radiasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Butcher Ginger, *Tour of the Electromagnetic Spectrum*. 2016.
- [2] R. Anggarini, M. Muslim, and A. Mutanto, ‘Analisis Sebaran Radiasi Hambur Di Sekitar Pesawat Sinar-X Pada Pemeriksaan Tomografi Ginjal’, *Jurnal Ilmiah GIGA*, vol. 17, no. 2, pp. 63–69, 2014.
- [3] Purwantiningsih, ‘Analisis Sebaran Analisis Sebaran Dosis Paparan Radiasi Pesawat C-Arm terhadap Jarak pada Ruang Operasi’, 2017.
- [4] D. Widyaningsih and dan Heri Sutanto, ‘PENENTUAN DOSIS RADIASI EKSTERNAL PADA PEKERJA RADIASI DI RUANG PENYINARAN UNIT RADIOTERAPI RUMAH SAKIT DR.KARIADI SEMARANG’, 2013.
- [5] BAPETEN, ‘KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR REPUBLIK INDONESIA’, 2020.
- [6] X. Yang and Z. Rui, ‘Calibration and measurement of x-ray personal dose equivalent with a Hp(10) ionization chamber’, *Nuclear Technology and Radiation Protection*, vol. 36, no. 2, pp. 174–181, Jun. 2021, doi: 10.2298/NTRP210304019X.
- [7] J. Smith and R. Johnson, *Dosimetry in Diagnostic Radiology: An International Code of Practice*. 2016.
- [8] T. Tanaka, K. Matsubara, A. Fukuda, and S. Kobayashi, ‘ESTIMATION OF Hp(3) TO THE EYE LENS OF INTERVENTIONAL RADIOLOGISTS-RELATION BETWEEN THE EYE LENS DOSE AND RADIOLOGIST’S HEIGHT’, *Radiat Prot Dosimetry*, vol. 187, no. 4, pp. 409–417, Dec. 2019, doi: 10.1093/rpd/ncz181.
- [9] C. Lindholm, A. Pekkarinen, O. Sipilä, A. L. Manninen, M. Lehtinen, and T. Siiskonen, ‘Estimation of hp(3) among staff members in two nuclear medicine units in Finland’, *Radiat Prot Dosimetry*, vol. 190, no. 2, pp. 176–184, Jun. 2020, doi: 10.1093/rpd/ncaa096.

- [10] S. Hernawan, E. Djatnika Nugraha SSi, and E. Hiswara, 'PEMBUATAN DOSIMETER TERMOLUMINESSENSI DARI BAHAN LITIUUM FLUORIDA DAN PENGOTOR TITANIUM', 2016.
- [11] A. S. Syahda, D. Milvita, and H. Prasetio, 'Evaluasi Penerapan Proteksi Radiasi pada Pekerja Radiasi di Instalasi Radiologi RS Naili DBS, RS Selaguri, dan RS UNAND', *Jurnal Fisika Unand*, vol. 9, no. 4, pp. 517–523, Jan. 2021, doi: 10.25077/jfu.9.4.517-523.2020.
- [12] R. R. Rachman, 'EVALUASI DISTRIBUSI DOSIS EKUIVALEN SELURUH TUBUH (DEST) STAF RADIOLOGI RUMAH SAKIT UNIVERSITAS HASANUDDIN PERIODE 2011-2020', UNIVERSITAS HASANUDDIN, Makasar, 2021.
- [13] R. Nuansa. M., 'Profil Dosis Efektif Mata Pada Pemeriksaan Radiografi Panoramik Konvensional Dan Digital', UNIVERSITAS AIRLANGGA., Surabaya, 2020.
- [14] Badan Pengawas Tenaga Nuklir, *Peraturan kepala badan pengawas tenaga nuklir nomor 8 tahun 2019 tentang keselamatan radiasi dalam produksi pesawat sinar-x radiologi diagnostic dan intervensional*. Jakarta: BAPETEN, 2019.
- [15] D. M. , N. N. , H. Y. Milda Utari, 'ANALISIS DOSIS RADIASI TERHADAP RADIOTERAPIS MENGGUNAKAN POCKET DOSEMETER, TLD BADGE DAN TLD-100 DI INSTALASI RADIOTERAPI RSUP DR. M. DJAMIL PADANG STUDI KASUS (MEI – OKTOBER) 2014', *Jurnal Fisika Unand*, vol. 4, 2014.
- [16] Badan Pengawas Tenaga Nuklir, 'Peraturan kepala badan pengawas tenaga nuklir nomor 15 tahun 2014 tentang keselamatan radiasi dalam produksi pesawat sinar-x radiologi diagnostic dan intervensional', Jakarta, 2014.
- [17] Hiswara. E, *Buku Pintar Proteksi dan Keselamatan Radiasi di Rumah Sakit*. Jakarta: Batan Perss, 2015.
- [18] G. Maslebu, J. Muningar, S. Ary Hapsara Jurusan Fisika, F. Sains dan Matematika, and U. Kristen Satya Wacana, 'Estimasi Resiko Radiasi Janin pada Pemeriksaan

- Radiografi Pelvis’, 2017. [Online]. Available: <http://ppjp.unlam.ac.id/journal/index.php/f/>
- [19] K. S. Anggarin, I. Putu, I. Wulandari, N. Putu, and R. Jenyanthi, ‘ESTIMASI DOSIS RADIASI YANG DITERIMA PASIEN PADA PEMERIKSAAN THORAX PA’.
- [20] A. D. Fanis, D. Milvita, and N. Nuraeni, ‘Estimasi Dosis Radiasi Lensa Mata Menggunakan TLD-100 pada Pasien Brain Scanning CT-Scan Merek Siemens Somatom Perspective’, *Jurnal Fisika Unand*, vol. 10, no. 1, pp. 83–89, Feb. 2021, doi: 10.25077/jfu.10.1.83-89.2021.
- [21] R. Maleachi and R. Tjakraatmadja, ‘Pencegahan Efek Radiasi pada Pencitraan Radiologi’, 2018. [Online]. Available: <https://www.omicsonline.org/open-access/the-effects-of-xrays-radiation-on-embryonic-and-fetal-during-developmental-pregnancy->
- [22] F. Nugraheni, F. Anisah, and G. A. Susetyo, ‘Prosiding SNFA (Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya) 2022 Analisis Efek Radiasi Sinar-X pada Tubuh Manusia’.
- [23] U. Wiharja *et al.*, ‘Analisa Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiografi’, 2019.
- [24] G. N. S. M. I. Sylvia Ariska Susanti, ‘Estimasi Dosis Radiasi Sinar-X Terhadap Efek Herediter Pada Radiografi Konvensional’, 2022.
- [25] R. Aryawijayanti, ‘ANALISIS DAMPAK RADIASI SINAR-X PADA MENCIT MELALUI PEMETAAN DOSIS RADIASI DI LABORATORIUM FISIKA MEDIK Info Artikel’, 2015. [Online]. Available: <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/JM>
- [26] N. Wayan Mega Savira Utami, N. Nyoman Ratini, I. Putu Eka Juliantara, A. Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Bali, and J. Tukang Batanghari VII No, ‘Effect of Combination of X-Ray Tube Current and Exposure Time on Contrast Radiography’.
- [27] A. S. S. N. , I. S. I. U. M. Darmawati, ‘Pemantauan Dosis Perorangan Pekerja Radiasi.’, *Journal of Physics and Applied*, vol. 1, pp. 34–38, 2022.

- [28] H. Ardiansyah, 'Thermoluminescent Radiation Detector Sebagai Bagian Dari Thermoluminescent Dosimetry (TLD) Untuk Mendeteksi Dan Mengukur Dosis Radiasi', 2015.
- [29] S. Faza Nurulita, W. Setia Budi, E. Hidayanto, and N. Nuraeni, 'PENENTUAN KESERAGAMAN RESPON DAN FAKTOR KOREKSI TLD-100 (LiF:Mg,Ti) TERHADAP RADIASI SINAR-X', 2023.
- [30] T. Kumer, P. K. Das, R. Khatun, Md. A. Rahman, S. Akter, and S. K. Roy, 'Comparative Studies of Absolute Dose in Water Phantom, Solid Water Phantom and MatriXX with MULTICube Phantom', *Int J Med Phys Clin Eng Radiat Oncol*, vol. 10, no. 04, pp. 169–177, 2021, doi: 10.4236/ijmpcero.2021.104014.
- [31] A. D. P. Ramadhani *et al.*, 'DOSE ESTIMATION OF THE BNCT WATER PHANTOM BASED ON MCNPX COMPUTER CODE SIMULATION', *JURNAL TEKNOLOGI REAKTOR NUKLIR TRI DASA MEGA*, vol. 22, no. 1, p. 23, Mar. 2020, doi: 10.17146/tdm.2020.22.1.5780.
- [32] O. D. Rambu Kawurung, 'Analisis dan Penentuan Faktor Koreksi Dosis Serap pada Medium Solid Water Phantom Terhadap Water Phantom', *Jurnal Fisika FLUX*, vol. 15, no. 1, p. 31, Mar. 2018, doi: 10.20527/flux.v15i1.4357.
- [33] S. Tya Mariani Famani *et al.*, 'Analisis Efek Dosimetri dan Jarak dari Penggabungan Lapangan Foton 6 MV dan Lapangan Elektron 8 MeV pada Terapi Ca Mammae', 2018. [Online]. Available: <http://ppjp.ulm.ac.id/journal/index.php/f/66>
- [34] I. P. Liasari, D. Milvita, and F. Diyona, 'Distribusi Dosis Radiasi dari Penggabungan Lapangan Foton dan Elektron Berdasarkan Grafik Dose Volume Histogram (DVH) pada Terapi Kanker Payudara', *Jurnal Fisika Unand*, vol. 11, no. 1, pp. 62–67, Feb. 2022, doi: 10.25077/jfu.11.1.62-67.2022.
- [35] Anugrah, N.A. (2018). Pengukuran Entrasca Skin Exposure Dan Laju Paparan Radiasi Hambur Pada Pemeriksaan Kepala Dengan Metode Tegangan Tinggi Di Rumah Sakit Bhayangkara Makasar. *JFT: Jurnal Fisika dan Terapannya*, 5(1),62-71.

- [36] Y. Rahmat, R. Melani Gustia, and A. Salim, 'ANALYSIS OF THE SCATTERING FROM CONVENTIONAL X-RAY IN THE RADIOLOGY INSTALLATION OF ZAINAB HOSPITAL ANALISIS SEBARAN RADIASI HAMBUR PESAWAT SINAR X KONVENSIONAL DI INSTALASI RADIOLOGI RSIA ZAINAB', *Medical Imaging and Radiation Protection Research Journal*, vol. 2, no. 1, pp. 2808–5272, 2022, doi: 10.54973/mirror.v2i1.206.
- [37] J. Farah *et al.*, 'A correlation study of eye lens dose and personal dose equivalent for interventional cardiologists', *Radiat Prot Dosimetry*, vol. 157, no. 4, pp. 561–569, 2013, doi: 10.1093/rpd/nct180.
- [38] M. Nowak, M. Sans-Merce, C. Lemesre, R. Elmiger, and J. Damet, 'Eye lens monitoring programme for medical staff involved in fluoroscopy guided interventional procedures in Switzerland', *Physica Medica*, vol. 57, pp. 33–40, Jan. 2019, doi: 10.1016/j.ejmp.2018.12.001.
- [39] A. Pekkarinen, C. Lindholm, M. Kortensniemi, and T. Siiskonen, 'Staff eye lens dose in interventional radiology and cardiology in Finland', *Physica Medica*, vol. 98, pp. 1–7, Jun. 2022, doi: 10.1016/j.ejmp.2022.04.005.
- [40] S. Principi, M. Ginjaume, M. A. Duch, R. M. Sánchez, J. M. Fernández, and E. Vano, 'Influence of dosimeter position for the assessment of eye lens dose during interventional cardiology', *Radiat Prot Dosimetry*, vol. 164, no. 1–2, pp. 79–83, Apr. 2015, doi: 10.1093/rpd/ncu359.
- [41] L. Faroux *et al.*, 'Impact of the table height and the operator's height on the level of radiation delivered to interventional cardiologists', *Radiat Prot Dosimetry*, vol. 187, no. 1, pp. 21–27, 2020, doi: 10.1093/rpd/ncz131.
- [42] C. H. Clement *et al.*, 'ICRP publication 118: ICRP Statement on Tissue Reactions and Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs – Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context', *Ann ICRP*, vol. 41, no. 1–2, pp. 1–322, 2012, doi: 10.1016/j.icrp.2012.02.001.