

**ANALISIS DOSIS RADIASI HAMBUR PESAWAT SINAR-X
MENGUNAKAN DATA PENGUKURAN *THERMOLUMINESCENCE*
DOSIMETER BERBASIS METODE MONTE CARLO**

SKRIPSI

BIDANG STUDI FISIKA



Diajukan oleh:

KURNIASIH

08021281621036

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS SRIWIJAWA

2022

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS DOSIS RADIASI HAMBUR PESAWAT SINAR-X
MENGUNAKAN DATA PENGUKURAN *THERMOLUMINESCENCE*
DOSIMETER BERBASIS METODE MONTE CARLO**

SKRIPSI

sebagai salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Sains Bidang Studi Fisika

diajukan oleh:

Kurniasih

08021281621036

Indralaya, 16 Agustus 2022

Menyetujui,

Pembimbing I



Dr. Fiber Monado, S.Si., M.Si.

NIP. 197002231995121002

Pembimbing II



Dr. Dedi Setiabudidaya

NIP. 196011101986021001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Fisika



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

NIP. 190709101994121001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Dengan ini saya **KURNIASIH NIM.08021281621036**, menyatakan bahwa Karya Ilmiah/Skripsi yang berjudul “Analisis Dosis Radiasi Hambur Pesawat Sinar-X Menggunakan Data Pengukuran *Thermoluminescence Dosimeter* Berbasis Metode Monte Carlo” ini adalah hasil karya saya sendiri dan Karya Ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata satu (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun Perguruan Tinggi lainnya.

Semua informasi yang dimuat dalam Karya Ilmiah/Skripsi ini yang berasal dari penulis lain, baik yang dipublikasikan atau tidak, telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar dan Karya Ilmiah/Skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Indralaya, 16 Agustus 2022



NIM.08021281621036

**ANALISIS DOSIS RADIASI HAMBUR PESAWAT SINAR-X
MENGUNAKAN DATA PENGUKURAN *THERMOLUMINESCENCE*
DOSIMETER BERBASIS METODE MONTE CARLO**

Oleh:

Kurniasih

08021281621036

ABSTRAK

Penelitian ini untuk mengkaji lagi dosis radiasi hambur yang terpapar pada tubuh manusia dengan bantuan metode Monte Carlo yang disimulasikan menggunakan OpenDXMC dimana data input disesuaikan dengan pengukuran *thermoluminescence dosimeter* (TLD) data sekunder. Penggunaan Monte Carlo disini karena berdasarkan perilaku partikel sinar-x yang perjalanannya bersifat acak atau random, sehingga metode Monte Carlo sangat tepat untuk mensimulasikan transportasi sinar-x. Penelitian menggunakan data sekunder yang dibandingkan dengan hasil simulasi monte carlo. Dari hasil simulasi monte carlo disimpulkan bahwa nilai yang dicetak oleh hasil komputasi menafsirkan nilai dari KERMA (*kinetic energy released in matter*). Hasil perbandingan simulasi dengan data pengukuran TLD, nilai dosis simulasi yang paling mendekati nilai pengukuran TLD adalah *sample* nomor 18 dengan koordinat (0,3), dosis terendah pada simulasi monte carlo adalah nomor 35 dengan dosis sebesar 6,22 μGy , dosis terbesar yaitu pada permukaan phantom 151,33 μGy . Simulasi ini menunjukkan hasil penurunan dosis terhadap jarak, sehingga dapat ditentukan area dengan dosis radiasi hambur terendah.

Kata kunci : Sinar-x, OpenDXMC, Dosis Radisi Hambur, Monte Carlo, *Thermoluminescence Dosimeter*.

Indralaya, 16 Agustus 2022

Menyetujui,

Pembimbing I



Dr. Fiber Monado, S.Si., M.Si.

NIP. 197002231995121002

Pembimbing II



Dr. Dedi Setiabudidaya

NIP. 196011101986021001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Fisika



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

NIP. 190709101994121001

**X-RAY PLANE SCATTERED RADIATION DOSES ANALYSIS USING
THERMOLUMINESCENCE DOSIMETER MEASUREMENTS BASED ON
MONTE CARLO METHOD**

By:

Kurniasih

08021281621036

ABSTRACT

This study examines the dose of scattered radiation exposed to the human body with the help of the Monte Carlo method which is simulated using OpenDXMC where the input data is adjusted to the secondary data of thermoluminescence dosimeter (TLD) measurements. The use of Monte Carlo here is based on the random behavior of x-ray particles, so the Monte Carlo method is very precise for simulating x-ray transport. This study used secondary data which is compared with the results of the Monte Carlo simulation. From the results of the monte carlo simulation, it is concluded that the printed value from the computational results interprets the KERMA value (kinetic energy released in the material). The comparison results of the simulation with TLD measurement data, the simulation dose value closest to the TLD measurement value is sample number 18 with coordinates (0.3), the lowest dose in the Monte Carlo simulation is number 35 with a dose of 6.22 μGy , the largest dose on the phantom surface 151.33 μGy . This simulation shows a decrease in dose to distance, so that the area with the lowest scattered radiation dose can be determined.

Key Words : X-Ray, OpenDXMC, Scattered Radiation Dose, Monte Carlo,
Thermoluminescence Dosimeter.

Indralaya, 16 Agustus 2022

Menyetujui,

Pembimbing I



Dr. Fiber Monado, S.Si., M.Si.

NIP. 197002231995121002

Pembimbing II

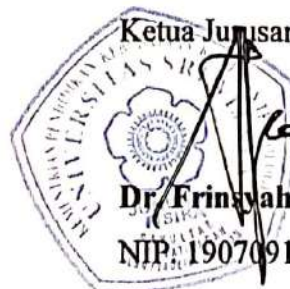


Dr. Dedi Setiabudidaya

NIP. 196011101986021001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Fisika



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

NIP. 190709101994121001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan makna pada tiap ruang dan waktu serta tidak ada yang penciptaan-Nya yang menjadi sia-sia. Sungguh hanya karena izin-Mu ya Rabb skripsi yang berjudul “Analisis Dosis Radiasi Hambur Pesawat Sinar-X Menggunakan Data Pengukuran *Thermoluminescence Dosimeter* Berbasis Metode Monte Carlo” ini dapat terselesaikan. Skripsi ini diajukan dengan tujuan melengkapi persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya. Disamping itu, skripsi ini juga bertujuan untuk memperluas wawasan penulis dalam dunia fisika komputasi, dosimetri dan fisika medis. Penelitian ini dilaksanakan di Kampus Universitas Sriwijaya sejak bulan April 2020 hingga bulan Mei 2022.

Penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan dan keterbatasan penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini baik dalam segi sistematika penulisan suatu karya ilmiah maupun tata bahasa yang termuat didalamnya, sungguh kesempurnaan hanya milik Allah SWT. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan masukan, baik saran maupun kritik yang sifatnya membangun. Penulis juga berharap Skripsi ini dapat bermanfaat sebagai tambahan pengetahuan dan referensi dalam penelitian selanjutnya, Semoga skripsi dapat diterima dan bermanfaat bagi semua pihak.

Pada kesempatan ini saya ingin menyampaikan terimakasih atas bantuan dan dukungan dari berbagai pihak yang terkait mulai dari awal pelaksanaan kerja praktik sampai proses penyusunan laporan, secara khusus penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT.
2. Keluarga Saya Bapak, Mamak dan Adik-adik Saya yang telah memberi dukungan terbaik.
3. Bapak Dr. Frinsyah Virgo, S.Si., M.T. selaku ketua jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
4. Bapak Dr. Fiber Monado, S.Si., M.Si. dan Bapak Dr. Dedi Setiabudidaya selaku dosen pembimbing I dan II yang sangat baik hati dan sabar membimbing tugas akhir saya hingga selesai.
5. Seluruh Dosen Jurusan Fisika FMIPA Universitas Sriwijaya.

6. Pengurus dan Admin jurusan fisika yang sudah membantu dalam segala hal administrasi tugas akhir ini.
7. Teman Seperjuangan Fisika angkatan 2016 dan Fisika 2018 yang sudah membantu Saya.
8. Kepada semua pihak yang sudah membantu dalam masa kuliah maupun penelitian dan penulisan tugas akhir ini hingga selesai yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Indralaya, 16 Agustus 2022

Kurniasih

NIM. 08021281621036

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	1
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan	3
1.5. Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Pesawat Sinar-X	4
2.2. Radiasi Hambur.....	4
2.3. Interaksi Radiasi dengan Materi.....	5
2.3.1. Efek Fotolistrik.....	5
2.3.2. Efek Compton	6
2.3.3. Produksi Pasangan.....	7
2.4. Hamburan <i>Rayleigh</i> /Koheren	7
2.5. Koefisien Atenuasi	8
2.6. Thermoluminescence Dosimeter (TLD)	8
2.7. Metode Monte Carlo	9
2.8. Transfer Partikel dalam Simulasi Metode Monte Carlo.....	10
2.8.1. Simulasi Perjalanan Foton.....	10
2.9. OpenDXMC	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	13
3.1. Tahapan Penelitian	13

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian	13
3.2.1. Tempat Penelitian.....	13
3.2.2. Waktu Penelitian	13
3.3. Alat dan Bahan Penelitian	13
3.4. Desain Penelitian.....	14
3.4.1. Data Pengukuran TLD	14
3.4.2. Tahapan Simulasi Monte Carlo.....	16
3.4.3. Pemodelan Sumber Sinar-X.....	17
3.4.4. Pemodelan Phantom.....	17
3.5. Diagram Alir Penelitian.....	18
BAB VI PEMBAHASAN.....	20
4.1. Hasil Simulasi Monte Carlo	20
4.2. Perbandingan Nilai Dosis Pengukuran dan Dosis Simulasi.....	21
4.3. Pemetaan Dosis Radiasi	23
BAB V KESIMPULAN.....	25
5.1. Kesimpulan.....	25
5.2. Saran	25
DAFTAR PUSTAKA	26
LAMPIRAN	28

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Bagian utama pesawat sinar-x.....	4
Gambar 2.2. Efek fotolistrik.....	6
Gambar 2.3. Efek Compton	6
Gambar 2.4. Produksi pasangan.....	7
Gambar 2.5. <i>Thermoluminescence Dosimeter</i> (TLD).....	9
Gambar 3.1. Penempatan TLD sesuai nomor urut.....	14
Gambar 3.2. Pembuatan kembali peta penempatan TLD	15
Gambar 3.3. Model dengan phantom pengukuran CTDI berdiameter 320 mm dengan ginjal berwarna biru muda	18
Gambar 3.4. Diagram Alir Penelitian	18
Gambar 3.5. Diagram Alir Simulasi Monte Carlo	19
Gambar 4.1. Grafik Dosis Radiasi Hambur Terhadap Jarak.....	23
Gambar 4.2. Grafik kontur dosis radiasi hambur.....	24

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Data sekunder pengukuran TLD	15
Tabel 4.1. Hasil Simulasi Monte Carlo	20
Tabel 4.2. Perbandingan Nilai Dosis Pengukuran dan Dosis Simulasi.....	21

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sinar-x memiliki energi yang tinggi dan panjang gelombang yang pendek. Para ilmuwan biasanya mengacu pada sinar-x dalam hal energinya daripada panjang gelombangnya. Hal ini karena sinar-x memiliki panjang gelombang yang sangat kecil yaitu antara 0,03 sampai 3 nm sehingga beberapa sinar-x memiliki panjang gelombang yang tidak lebih dari diameter atom tunggal (Butcher, 2016). Panjang gelombang sinar-x yang pendek ini menyebabkan sinar-x tidak dapat dilihat oleh mata manusia, selain itu membuat sinar-x memiliki energi yang sangat besar (Anggarini, 2014). Penggunaan pesawat sinar-x biasanya menggunakan citra yang tinggi, dimana citra yang tinggi ini dapat menyebabkan dosis paparan radiasi yang tinggi pula dan dosis paparan radiasi tinggi akan menghasilkan radiasi hambur yang tinggi. Penerima dosis ini tentu saja pasien dan operator instrumen yang berada di dalam ruangan. Pasien hanya mendapatkan dosis paparan radiasi ketika dilakukan pemindaian, namun operator akan mendapatkan dosis paparan radiasi hambur secara berulang yang dapat menyebabkan terjadinya efek radiasi stokastik (Purwantiningsih, 2017).

Radiasi yang dihasilkan oleh pesawat sinar-x merupakan jenis radiasi pengion yang tidak dapat dideteksi oleh panca indra manusia, sementara sifat manusia adalah tidak peduli akan suatu bahaya apabila akibatnya tidak terasa secara langsung (Perwitasari dan Misjuherlina, 2006). Hal tersebut juga mempengaruhi nilai batas dosis (NBD) yang diperbolehkan pada setiap individu. Berdasarkan peraturan kepala BAPETEN No.15 Tahun 2014 tentang keselamatan radiasi dalam produksi pesawat sinar-x radiologi diagnostik dan intervensional pasal 24, dosis efektif untuk pekerja radiologi sebesar 20 mSv (dua puluh milisievert) per tahun rata-rata selama 5 (lima) tahun berturut-turut dan pasal 25 NBD untuk anggota masyarakat sebesar 1 mSv (satu milisievert) dalam 1 (satu) tahun. Maka dari itu sangat penting dilakukan pengukuran paparan radiasi hambur.

Pada November 2014, penelitian yang berjudul “Radiasi Hambur Yang Berada di Sekitar Pesawat Sinar-X Pada Pemeriksaan Tomografi Ginjal”, menjelaskan tentang sebaran radiasi pesawat tomografi dengan teknik pengukuran menggunakan *thermoluminescence dosimeter* (TLD) 100 LiF beserta *reader harshaw* 3500, dengan phantom sebagai objek. Penelitian ini dilakukan untuk mencari dosis efektif penggunaan

pesawat sinar-x tomografi dan mencari titik sebaran dosis terendah dan tertinggi pada bidang kartesian yang di presentasikan melalui grafik kontur (Anggarini dkk., 2014). Pada 2017 penelitian yang dilakukan oleh Purwatiningsih dalam jurnal yang berjudul “Analisis Sebaran Dosis Radiasi Pesawat C-Arm Terhadap Jarak pada Ruang Operasi”, menggunakan TLD dan data dari sebaran dosis radiasi dipresentasikan dalam bentuk grafik kontur. Penelitian-penelitian tersebut pada dasarnya sama akan tetapi penelitian tersebut hanya sebatas pengukuran, dimana tidak ada tindakan lanjut seperti simulasi sebaran dosis radiasi.

Pada tahun 2014, penelitian mengenai penggunaan metode Monte Carlo untuk menghitung koefisien konversi dosis radiasi untuk radiologi intervensi, dalam penelitian tersebut disebutkan bahwa penggunaan metode Monte Carlo mampu menginterpretasikan dosis efektif dan mendapat kesimpulan mengenai data yang diperoleh menggunakan metode Monte Carlo dapat digunakan untuk mengimplementasikan program perlindungan radiasi yang dirancang untuk para profesional intervensi (Santos dkk., 2014). Dari beberapa penelitian di atas dapat disimpulkan bahwa sangat penting untuk mengukur dosis radiasi dari pembangkit radiasi sinar-x dan pemanfaatan metode Monte Carlo sangat berguna di bidang fisika medis karena mampu mensimulasikan paparan dosis radiasi. Penelitian ini untuk mengkaji lagi dosis radiasi hambur yang terpapar pada tubuh manusia dengan bantuan metode Monte Carlo yang disimulasikan menggunakan OpenDXMC. Penggunaan Monte Carlo disini karena berdasarkan perilaku partikel sinar-x itu sendiri yang perjalanannya bersifat acak atau random. Sehingga Metode Monte Carlo sangat tepat untuk mensimulasikan transportasi sinar-x.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana distribusi dosis radiasi hambur sekitar pesawat sinar-x dengan variasi jarak tertentu dari sumber pancaran radiasi dengan simulasi metode Monte Carlo?
2. Bagaimana perbandingan hasil dosis yang terukur menggunakan *Thermoluminescence dosimeter* dengan hasil simulasi metode Monte Carlo?

1.3. Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi dengan simulasi perhitungan sebaran dosis menggunakan metode Monte Carlo hanya dalam bidang kartesian atau dua dimensi sesuai jarak yang ditentukan.

1.4. Tujuan

1. Untuk memperkirakan jumlah dosis radiasi hambur sekitar pesawat sinar-x berdasarkan data pengukuran TLD menggunakan metode Monte Carlo.
2. Membandingkan hasil pengukuran menggunakan TLD dengan hasil simulasi metode Monte Carlo.

1.5. Manfaat

Dapat memperluas pemahaman yang lebih baik tentang pengukuran dosis radiasi sinar-x terutama *CT-scan*, yang berdasarkan pembelajaran berupa simulasi dosis radiasi hambur sebelum dilakukannya pencitraan secara langsung terhadap pasien dengan prinsip monte carlo yang sudah dikemas dalam bentuk komputasi modern.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggarini, R., Muslim, M. Mutanto, A., 2014. *Analisis Sebaran Radiasi Hambur di Sekitar Sinar-X pada Pemeriksaan Tomografi Ginjal*. Jurnal Ilmiah GIGA, 2(17): 63-69.
- Bapeten, 2014. *Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 15 Tahun 2014 Tentang Keselamatan Radiasi Dalam Produksi Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik Dan Intervensional*. Jaringan Dokumentasi dan Informasi Hukum.
- Breimester, J.F., 2000. *MCNPTM - A General Monte Carlo N-Particle Transport Code*. United State: University of California.
- Butcher, G. 2016. *Tour of the Electromagnetic Spectrum Third Edition*. Washington: National Aerounatics and Space Administration.
- Fitriawan, M., 2014. *Kajian Teori Dasar pada Nanomaterial Timbal sebagai Proteksi Radiasi*. Prosiding Nuclear Youth Summit, 1(2): 1-4.
- Hiswara. E., 2015. *Buku Pintar Proteksi dan Keselamatan Radiasi di Rumah Sakit*. Jakarta: Batan Press.
- Laksmiarti, T., 2002. *Alat Pemantau Perorangan pada Tenaga Kerja Radiasi di Bidang Kesehatan*. Artikel Media Litbang Kesehatan, 2(12): 36-40.
- Nurhadi, I. D., Ramdani, R., Haryanto, F., Perkasa, Y.S. dan Sanjaya, M., 2016. *Analisis Pengaruh Perubahan Source to Surface Distance (SSD) dan Field Size terhadap DIstribusi Dosis Menggunakan Metode Monte Carlo-EGSnrc*. Prosiding SNIPS: 431-438.
- Paternò, G., Cardarelli, P., Contillo, A., Gambaccini, M. dan Taibi, A., 2018. *Geant4 Implementation of Inter-Atomic Interface Effect in Small-Angle Coherent X-Ray Scattering for Materials of Medical Interest*. Jurnal Physica Medica, 1(4):1-7.
- Perwitasari, D. dan Misjuherlina, 2006. *Pajanan Radiasi Terhadap Keterpaparan Radiografer Ruang Penyinaran Instalasi Radioterapi RSUPN Ciptomangunkusumo Jakarta*. Jurnal Ekologi Kesehatan, 3(5): 478-485.
- Purwantiningsih, 2017. *Analisis Sebaran Dosis Paparan Radiasi Pesawat C - Arm Terhadap Jarak Pada Ruangan Operasi*. Jurnal Saintek, 9(2): 183-189.
- Ramantisan, S., Anam, C. dan Priyono, 2012. *Simulasi Monte Carlo untuk Evaluasi Anode Heel Effect pada Pesawat Sinar-X Menggunakan Paker Program EGSnrc*. Jurnal Buletin Fisika, 1(13): 21-27.

- Rizani, A., Budi, W.S. dan Anam, C., 2012. *Simulasi Monte Carlo untuk Menentukan Dosis Sinar-X 6 MV pada Ketakhomogenan Medium Jaringan Tubuh*. Jurnal Berkala Fisika, 2(15): 49-56.
- Santos, W.S., Carvalho, A.B., Hunt, J.G. dan Maia, A.F., 2014. *Using the Monte Carlo Technique to Calculate Dose Conversion Coefficients for Medical Professionals in Interventional Radiology*. Jurnal Radiation Physics And Chemistry, 95(3): 177-180.
- Shonkwiler, R.W. dan Mendivil, F., 2009. *Exploration in Monte Carlo Method*. New York: Springer.
- Suyatno, F., Harsono, D. dan Marwiana, A., 2011. *Rancang Bangun Pemilih Arus dan Pewaktu pada Pesawat Sinar-X Berbasis Mikrokontroler AT89S51*. Jurnal JFN, 2(5): 151-165.
- Syahria, Setiawati, E. dan Fisdausi, K.S., 2012. *Pembuatan Kurva Isodosis Paparan Radiasi di Ruang Pemeriksaan Instalasi Radiologi RSUD Kabupaten Kaloka - Sulawesi Tenggara*. Jurnal Berkala Fisika, 4(15): 123-132.
- Wardhana, W.A., 2007. *Teknologi Nuklir Proteksi Radiasi dan Aplikasinya*. Yogyakarta: Andi.
- <https://pypi.org/project/opendxmc/0.3.3/> (diakses pada 20 Agustus 2021 pukul 21.53 WIB)