

# **SIMULASI MONTE CARLO PERBANDINGAN DISTRIBUSI DOSIS RADIOTERAPI KANKER DENGAN VARIASI JENIS DAN KONSENTRASI *RADIOSENSITIZER***

**TOMY DWIYANTO**



**DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2024**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



**IPB University**  
Bogor Indonesia

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



### *@Hak cipta milik IPB University*

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Simulasi Monte Carlo Perbandingan Distribusi Dosis Radioterapi Kanker Dengan Variasi Jenis dan Konsentrasi *Radiosensitizer*” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir usulan penelitian ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2024

Tomy Dwiyanto  
G7401201049

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



### @Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## ABSTRAK

TOMY DWIYANTO. Simulasi Monte Carlo Perbandingan Distribusi Dosis Radioterapi Kanker Dengan Variasi Jenis dan Konsentrasi *Radiosensitizer*. Dibimbing oleh SITTI YANI dan R TONY IBNU SUMARYADA.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan distribusi dosis dengan penambahan *radiosensitizer* pada fantom kanker yang menggunakan dengan dan tanpa *flattening filter* (Linac FF dan FFF). *Radiosensitizer* yang disimulasikan adalah Au, Ag dan Pt dengan presentase bobot 2%, 4%, 6%, 8% dan 10% yang dicampurkan dengan material jaringan. *Software* EGSnrc digunakan untuk melakukan simulasi Monte Carlo pada fantom inhomogen berisi air dan jaringan yang dicampurkan dengan *radiosensitizer* yang berukuran  $40 \times 40$  cm<sup>2</sup>. Hasil menunjukkan peningkatan dosis pada FFF dengan penambahan *radiosensitizer*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dosis yang diserap oleh jaringan yang ditambahkan *radiosensitizer* Au, Ag dan Pt mengalami penurunan dosis serap baik pada Linac dengan dan tanpa FF. DER yang dihasilkan menunjukkan Pt memiliki persentase yang lebih besar yang ditunjukkan juga oleh kurva yang lebih dalam pada bagian target. Pada konsentrasi yang lebih tinggi, DER pada target mengalami kenaikan yang ditandai oleh kurva PDD yang lebih curam.

Kata Kunci: Linac FFF, Monte Carlo, *radiosensitizer*

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## ABSTRACT

TOMY DWIYANTO. Monte Carlo Simulation Comparing Radiotherapy Dose Distribution in Cancer with Variations in Types and Concentrations of *Radiosensitizers*. Supervised by SITTI YANI and R TONY IBNU SUMARYADA.

This study was aimed to determine the comparison of dose distribution with the addition of radiosensitizers to cancer phantoms using Linac with and without flattening filters (FF). Radiosensitizers simulated are Au, Ag and Pt with a weight percentage of 2%, 4%, 6%, 8% and 10% mixed with tissue material. EGSnrc software is used to perform Monte Carlo simulations on an inhomogeneous phantom containing water and tissue mixed with radiosensitizers measuring 40×40 cm<sup>2</sup>. The results showed an increase in dose to the FFF with the addition of radiosensitizers. The results of this study indicate that the dose absorbed by tissues added with Au, Ag and Pt radiosensitizers has decreased in absorbed dose both on Linac with and without FF. The resulting DER shows Pt has a larger percentage which is also indicated by a deeper curve in the target section. At higher concentrations, the DER of the target increases, which is characterized by a steeper PDD curve.

*Keywords:* Linac FFF, Monte Carlo, *radiosensitizer*

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2046  
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

*Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.*

*Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.*



### @Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



**SIMULASI MONTE CARLO PERBANDINGAN  
DISTRIBUSI DOSIS RADIOTERAPI KANKER DENGAN  
VARIASI JENIS DAN KONSENTRASI *RADIOSENSITIZER***

**TOMY DWIYANTO**

Skripsi  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana pada  
Program Studi Fisika

**DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2024**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



**IPB University**  
Bogor Indonesia

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



**@Hak cipta milik IPB University**

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

**Tim Penguji pada Ujian Skripsi:**

- 1 Dr.rer.nat. Hendradi Hardhienata, S.Si., M.Si.
- 2 Dr. Heriyanto Syafutra, S.Si., M.Si.

Judul Skripsi : Simulasi Monte Carlo Perbandingan Distribusi Dosis Radioterapi  
Kanker Dengan Variasi Jenis dan Konsentrasi *Radiosensitizer*

Nama : Tomy Dwiyanto  
NIM : G7401201049

Disetujui oleh

Pembimbing 1:  
Dr. Sitti Yani, S.Si., M.Si.  
NIP. 198606242019032019

Pembimbing 2:  
Prof. Dr. R. Tony Ibnu Sumaryada WP, M.Si.  
NIP. 197205191997021001



Diketahui oleh

Ketua Departemen Fisika  
Prof. Dr. R. Tony Ibnu Sumaryada WP, M.Si.  
NIP. 197205191997021001



Tanggal Ujian:  
06 Agustus 2024

Tanggal Lulus:



### *@Hak cipta milik IPB University*

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga usulan penelitian dengan judul “Simulasi Monte Carlo Perbandingan Distribusi Dosis Radioterapi Kanker dengan Variasi Jenis dan Konsentrasi *Radiosensitizer*” berhasil diselesaikan. Usulan penelitian ini diajukan sebagai salah satu syarat dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir dan mendapatkan gelar sarjana di Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Dr. Sitti Yani, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing pertama dan Prof. Dr. R. Tony Ibnu Sumaryada WP, M.Si. selaku dosen pembimbing kedua yang selalu membimbing, mendampingi, memotivasi, memberi saran serta arahan kepada penulis selama penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada adik tercinta dan orang tua, bapak dan ibu dosen yang telah banyak memberi saran, saudara-sarudara muklis, teman-teman asrama Rumah Sigap Armada, rekan bimbingan, dan seluruh teman-teman fisika yang telah memberikan dukungannya kepada penulis. Dalam penyusunan proposal penelitian ini, penulis mengalami kesulitan dan penulis menyadari dalam penulisan proposal penelitian ini masih jauh dari kesempurnaan. Untuk itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan proposal penelitian ini. Semoga penulisan proposal penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan pembaca umumnya, Aamiin.

Bogor, Juli 2024

*Tomy Dwiyanto*



### *@Hak cipta milik IPB University*

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Radioterapi	3
2.2 Radioterapi	3
2.3 <i>Radiosensitizer</i>	4
2.4 Monte Carlo	6
III METODE	7
3.1 Waktu dan Tempat	7
3.2 Alat dan Bahan	7
3.3 Prosedur Kerja	7
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	10
4.1 Linac FFF dan FF	10
4.2 Variasi Medan Paparan	11
4.3 Variasi Jenis <i>Radiosensitizer</i>	12
4.4 Variasi Konsentrasi <i>Radiosensitizer</i>	13
4.5 <i>Dose Enhancemet Rasio (DER)</i>	14
V SIMPULAN DAN SARAN	15
5.1 Simpulan	15
5.2 Saran	15
DAFTAR PUSTAKA	16



## DAFTAR TABEL

1	Komposisi unsur pada target dengan variasi konsentrasi <i>radiosensitizer</i>	8
2	Variasi konsentrasi, jenis dan total densitas Target <i>radiosensitizer</i>	8
3	DER variasi <i>radiosensitizer</i> pada kedalaman 2 cm	13
4	DER konsentrasi <i>radiosensitizer</i> emas pada medan paparan 10×10 cm <sup>2</sup> dengan jenis Linac FFF	14
5	DER variasi konsentrasi dan jenis <i>radiosensitizer</i> pada medan paparan 10×10 cm <sup>2</sup> dengan jenis Linac FFF dan FF	14

## DAFTAR GAMBAR

1	Ilustrasi umum dari Linear <i>Accelerator</i> dengan beberapa struktur seperti (1) <i>accelerator</i> , (2) <i>bending magnet</i> , (3) target, (4) <i>primary collimators</i> , (5) <i>flattening filter</i> , (6) <i>ion chamber</i> , (7) <i>multileaf collimator</i> dan (8) aplikator (Beyzadeoglu <i>et al.</i> 2010)	3
2	Struktur komponen kepala Linac. (A) Mode X-ray <i>flattening filter</i> (FF) (B) Mode elektron <i>flattening filter free</i> (FFF) (Khan dan Gibbons 2014)	4
3	ISOURCE = 2 DOSXYZnrc (Walters <i>et al.</i> 2023)	7
4	Desain simulasi penyinaran fantom (a) tampak depan dan (b) tampak atas	7
5	Perbandingan PDD jenis Linac dengan dan tanpa <i>radiosensitizer</i>	10
6	Perbandingan profil dosis jenis Linac dengan dan tanpa <i>radiosensitizer</i> pada ukuran medan paparan 10×10 cm <sup>2</sup> kedalaman 5 cm	11
7	Perbandingan PDD medan paparan dengan dan tanpa <i>radiosensitizer</i> pada konsentrasi 10%	12
8	Perbandingan profil dosis medan paparan dengan dan tanpa <i>radiosensitizer</i> pada konsentrasi 10%	12
9	Perbandingan PDD jenis <i>radiosensitizer</i> dengan konsentrasi 10%	13
10	Perbandingan PDD konsentrasi <i>radiosensitizer</i> emas pada medan paparan 10×10 cm <sup>2</sup> dengan jenis Linac FFF	14