

# **ANALISIS PERBANDINGAN DISTRIBUSI DOSIS RADIASI PROTON BERENERGI 70-150 MeV DENGAN VARIASI JENIS RADIOSENSITIZER**

**NURDIN HADI PRATAMA**



**DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2025**

@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 “Analisis Perbandingan Distribusi Dosis Radiasi Proton Berenergi 70-150 MeV dengan Variasi Jenis *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 skripsi ini.

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

Bogor, Februari 2025

Nurdin Hadi Pratama  
G7401201083

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

NURDIN HADI PRATAMA. Analisis Perbandingan Distribusi Dosis Radiasi Proton Berenergi 70-150 MeV dengan Variasi Jenis *Radiosensitizer*. Dibimbing oleh SITTI YANI dan R TONY IBNU SUMARYADA.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis distribusi dosis radiasi proton dengan energi 70-150 MeV pada fantom inhomogen yang ditambahkan *radiosensitizer* berupa emas dan perak. Metode Monte Carlo dengan perangkat lunak PHITS digunakan untuk memodelkan distribusi dosis dan menganalisis pengaruh variasi jenis serta konsentrasi *radiosensitizer* terhadap *Percentage Depth Dose* (PDD) dan *Dose Enhancement Ratio* (DER). Hasil simulasi menunjukkan bahwa penambahan *radiosensitizer* mengurangi dosis relatif yang diserap jaringan dan memengaruhi posisi serta ketinggian puncak Bragg. *Radiosensitizer* emas dan perak masing-masing menghasilkan pergeseran puncak Bragg lebih dangkal dengan dosis maksimum yang lebih rendah dibandingkan jaringan tanpa *radiosensitizer*. Variasi konsentrasi *radiosensitizer* menunjukkan bahwa konsentrasi yang lebih tinggi cenderung menurunkan DER. *Radiosensitizer* perak memberikan DER lebih tinggi dibandingkan emas pada kedalaman 3 cm, menunjukkan potensi efektivitas yang lebih besar dalam meningkatkan sensitivitas tumor terhadap radiasi proton.

Kata kunci: dosis radiasi, puncak Bragg, *radiosensitizer*, PHITS, terapi proton

## ABSTRACT

NURDIN HADI PRATAMA. Comparative Analysis of Proton Radiation Dose Distribution at 70-150 MeV Energy with Variations in Type and Radiosensitizers. Supervised by SITTI YANI and R TONY IBNU SUMARYADA.

This study aims to analyze the proton radiation dose distribution at energies ranging from 70-150 MeV on inhomogeneous phantoms enhanced with gold and silver radiosensitizers. The Monte Carlo method using PHITS software was employed to simulate dose distribution and evaluate the impact of different types and concentrations of radiosensitizers on the Percentage Depth Dose (PDD) and Dose Enhancement Ratio (DER). Simulation results reveal that adding radiosensitizers reduces the relative dose absorbed by the tissue, influencing the position and height of the Bragg peak. Gold and silver radiosensitizers respectively shift the Bragg peak to shallower depths with lower maximum doses compared to tissue without radiosensitizers. Varying concentrations of radiosensitizers showed that higher concentrations tend to reduce DER. Silver radiosensitizers demonstrated higher DER values compared to gold at a depth of 3 cm, suggesting greater potential in enhancing tumor sensitivity to proton radiation.

*Keywords:* Bragg peak, dose enhancement ratio, PHITS, proton therapy, 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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025  
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.

# **ANALISIS PERBANDINGAN DISTRIBUSI DOSIS RADIASI PROTON BERENERGI 70-150 MeV DENGAN VARIASI JENIS RADIOSENSITIZER**

**NURDIN HADI PRATAMA**

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  
2025**



**@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. Prof. Dr. Husin Alatas S.Si., M.Si.  
2. Dr. Erus Rustami S.Si., M.Si.



Judul Skripsi : Analisis Perbandingan Distribusi Dosis Radiasi Proton Berenergi  
70-150 MeV dengan Variasi Jenis *Radiosensitizer*

Nama : Nurdin Hadi Pratama  
NIM : G7401201083

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

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

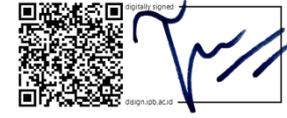


Pembimbing 2:  
Prof. Dr. R Tony Ibnu Sumaryada WP. S.Si.,  
M.Si.  
NIP. 197205191997021001



Diketahui oleh

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



Tanggal Ujian:  
7 Februari 2025

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 “Analisis Perbandingan Distribusi Dosis Radiasi Proton Berenergi 70-150 MeV dengan Variasi Jenis *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 keluarga yang terus mendukung dan teman-teman satu bimbingan dan fisika angkatan 57 yang membantu menyemangati dan membantu dalam memberi saran. 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 karya ilmiah ini dapat memberikan manfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Februari 2025

*Nurdin Hadi Pratama*



### *@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	xii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xii
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Radioterapi	3
2.2 Dosis Radiasi	3
2.3 Interaksi Partikel dengan Materi	5
2.4 <i>Radiosensitizer</i>	5
2.4.1 Emas (Au)	6
2.4.2 Perak (Ag)	6
2.5 Monte Carlo (MC)	6
2.6 <i>Particle and Heavy Ion Transport code System (PHITS)</i>	6
III METODE	8
3.1 Waktu dan Tempat	8
3.2 Alat dan Bahan	8
3.3 Prosedur Kerja	8
3.3.1 Pembuatan Parameter	8
3.3.2 Source	8
3.3.3 Pembuatan Material	8
3.3.4 Pembuatan <i>lattice</i>	9
3.3.5 Variasi <i>Radiosensitizer</i>	9
3.3.6 <i>Dose Enhancement Ratio (DER)</i>	9
3.4 Analisis Data	9
3.4.1 Lattice.out	9
3.4.2 Deposit.out	10
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	11
4.1 Fantom Homogen dan Inhomogen	11
4.2 Perbandingan PDD dengan Variasi Energi	12
4.3 Perbandingan PDD dengan Variasi Partikel	13
4.4 Perbandingan PDD dengan Variasi Persentase <i>Radiosensitizer</i>	14
4.5 Analisis <i>Dose Enhancement Ratio (DER)</i>	14
V SIMPULAN DAN SARAN	16
5.1 Simpulan	16
5.2 Saran	16
DAFTAR PUSTAKA	17
LAMPIRAN	20
RIWAYAT HIDUP	32

Hak cipta milik IPB University

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 TABEL

1	Variasi konsentrasi, jenis dan total densitas target <i>radiosensitizer</i>	9
2	Perbandingan posisi puncak Bragg pada fantom dengan variasi energi	12
3	<i>Dose enhancement ratio</i> pada kedalaman 3 cm	15

## DAFTAR GAMBAR

1	Dosis Radiasi (Suit <i>et al.</i> 2010)	4
2	Grafik PDD energi 67,5 MeV berkas proton monoenergetik pada fantom air (Rajabpour <i>et al.</i> 2022)	4
3	Tampilan format material	8
4	Fantom homogen	11
5	Fantom inhomogen	11
6	Grafik perbandingan PDD fantom menggunakan <i>radiosensitizer</i> emas berpersentase 10% dengan variasi energi	12
7	Grafik perbandingan PDD dengan variasi partikel diradiasi proton berenergi 70 MeV/u	13
8	Grafik perbandingan PDD dengan variasi persentase <i>radiosensitizer</i> emas diradiasi proton berenergi 70 MeV/u	14

## DAFTAR LAMPIRAN

1	Lampiran 1 Diagram alir penelitian	21
2	Lampiran 2 Input file simulasi fantom inhomogen emas 10% berenergi 70 MeV	22