

OPTIMASI DOSIS PADA KANKER PROSTAT BERDASARKAN JUMLAH DAN ARAH SINAR TERAPI ION KARBON MENGGUNAKAN PROGRAM PHITS VERSI 3.341

Nicholas David Nugrahdianto

21/473504/TK/52189

Diajukan kepada Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada pada tanggal 15 Oktober 2025
untuk memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh derajat
Sarjana Program Studi Teknik Nuklir

INTISARI

Kanker prostat merupakan kanker dengan insidensi tertinggi kedua pada pria di dunia. *Carbon Ion Radiotherapy* (CIRT) menjadi alternatif efektif karena mampu menghasilkan distribusi dosis tinggi pada target dengan kerusakan minimal pada jaringan sehat di sekitarnya. Tantangan utama dalam terapi ini adalah menentukan arah dan konfigurasi penyinaran yang optimal sehingga cakupan dosis pada target maksimal dengan paparan *organ-at-risk* (OAR) seminimal mungkin.

Penelitian ini dilakukan melalui simulasi Monte Carlo menggunakan program PHITS versi 3.341. Geometri fantom pria dewasa dimodelkan berdasarkan data ORNL dengan penyesuaian material sesuai rekomendasi ICRP 145. Variasi penyinaran meliputi konfigurasi *single-beam* dari berbagai arah, *multi-beam* dengan kombinasi arah berbeda, serta strategi pembobotan antar-arah. Analisis mencakup cakupan dosis pada GTV, CTV, PTV, OAR, serta penilaian menggunakan indeks konformitas (CI) dan indeks homogenitas (HI) sebagai parameter kualitas distribusi dosis.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konfigurasi pembobotan pada kombinasi RAO 30° sebesar 60% dan AP sebesar 40% merupakan pilihan terbaik karena mampu memberikan keseimbangan optimal antara cakupan target dan perlindungan OAR. Dosis isoeftif yang diterima GTV, CTV, dan PTV berturut-turut adalah 106,12% (54,76 GyE), 102,27% (52,77 GyE), dan 100,14% (51,67 GyE) dengan nilai CI sebesar 0,912 dan HI sebesar 0,092 yang mencerminkan distribusi dosis konformal dan homogen.

Kata kunci: Arah penyinaran, CIRT, kanker prostat, optimasi dosis, PHITS 3.341

Pembimbing Utama : Prof. Dr. Ir. Andang Widi Harto, M.T., IPU., ASEAN Eng.

Pembimbing Pendamping : Prof. Ir. Yohannes Sardjono, APU.



**DOSE OPTIMIZATION IN PROSTATE CANCER BASED ON THE
BEAM NUMBER AND DIRECTION OF CARBON ION THERAPY USING
PHITS VERSION 3.341**

Nicholas David Nugrahdipto

21/473504/TK/52189

Submitted to the Department of Nuclear Engineering and Engineering Physics
Faculty of Engineering Universitas Gadjah Mada on October 15, 2025
in partial fulfillment of the requirement for the Degree of
Bachelor of Engineering in Nuclear Engineering

ABSTRACT

Prostate cancer ranks second in terms of cancer incidence among men worldwide. Carbon Ion Radiotherapy (CIRT) has emerged as an effective alternative as it delivers a high dose distribution to the target while minimizing damage to surrounding healthy tissues. The main challenge in this therapy is to determine the optimal irradiation direction and configuration to achieve maximum dose coverage to the target with minimal exposure to organs-at-risk (OAR).

This study was conducted using Monte Carlo simulations with the PHITS version 3.341 program. An adult male phantom geometry was modeled based on ORNL data with material adjustments according to ICRP 145 recommendations. Irradiation variations included single-beam configurations from different directions, multi-beam combinations with varying directions, and inter-direction weighting strategies. The analysis covered dose coverage to the GTV, CTV, PTV, OAR, as well as evaluation using conformity index (CI) and homogeneity index (HI) as dose distribution quality parameters.

The results indicate that the weighting configuration of the RAO 30° combination at 60% and the AP at 40% is the best option, providing the optimal balance between target coverage and OAR protection. The isoeffective doses received by GTV, CTV, and PTV were 106,12% (54,76 GyE), 102,27% (52,77 GyE), and 100,14% (51,67 GyE), respectively, with a CI value of 0,912 and an HI value of 0,092 indicating a conformal and homogeneous dose distribution.

Keywords: Irradiation direction, CIRT, prostate cancer, dose optimization, PHITS 3.341

Supervisor : Prof. Dr. Ir. Andang Widi Harto, M.T., IPU., ASEAN Eng.

Co-supervisor : Prof. Ir. Yohannes Sardjono, APU.

