

**ANALISIS DISTRIBUSI DOSIS BERDASARKAN ARAH PENYINARAN
PADA KANKER ESOFAGUS DENGAN TERAPI ION KARBON
MENGUNAKAN PROGRAM PHITS VERSI 3.341**

Muhammad Syafiq Abdurrahman

21/476784/TK/52508

Diajukan kepada Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada pada tanggal 20 Januari 2026
untuk memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh derajat
Sarjana Program Studi Teknik Nuklir

INTISARI

Penelitian ini menganalisis distribusi dosis radiasi berdasarkan variasi arah penyinaran pada terapi kanker esofagus stadium II menggunakan berkas ion karbon dengan simulasi Monte Carlo pada PHITS v3.341 dan model fantom ORNL pria dewasa. Studi ini bertujuan mengkaji pengaruh arah penyinaran terhadap distribusi dosis pada target dan *organ at risks* (OARs), serta menentukan konfigurasi rencana penyinaran yang optimal untuk Carbon Ion Radiation Therapy (CIRT) pada kasus kanker esofagus.

Metode penelitian melibatkan simulasi multi-energi untuk pembentukan *Spread-Out Bragg Peak* (SOBP), perhitungan indeks dosimetri analisis distribusi dosis pada target dan OAR sesuai batasan dosis klinis, serta evaluasi statistik menggunakan uji Kruskal-Wallis dan uji lanjut Dunn untuk membedakan signifikansi antar konfigurasi sudut penyinaran.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi arah penyinaran tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap kesesuaian bentuk dan cakupan dosis pada target. Namun, arah penyinaran secara bermakna memengaruhi distribusi dosis pada OARs, karakteristik penurunan dosis di luar target, serta homogenitas dosis dalam target. Sudut anteroposterior (AP/0°) dinilai sebagai konfigurasi terbaik memiliki kinerja optimal, menghasilkan proteksi OARs terbaik tanpa mengorbankan efektivitas pada target dan lebih mudah diimplementasikan secara klinis. Dosis pada PTV 51,51 Gy (102,22%) dengan CI 0,9629, HI 0,0124, dan GI 1,2767.

Kata kunci: arah penyinaran, CIRT, kanker esofagus, PHITS 3.341

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

Pembimbing Pendamping : Prof. Ir. Yohannes Sardjono, APU



**DOSE DISTRIBUTION ANALYSIS BASED ON IRRADIATION
DIRECTION IN ESOPHAGEAL CANCER WITH CARBON ION
THERAPY USING PHITS VERSION 3.341**

Muhammad Syafiq Abdurrahman

21/476784/TK/52508

Submitted to the Department of Nuclear Engineering and Engineering Physics
Faculty of Engineering Universitas Gadjah Mada on January 20th 2026
in partial fulfillment of the requirement for the Degree of
Bachelor of Engineering in Nuclear Engineering

ABSTRACT

This study analyzes the distribution of radiation doses based on variations in irradiation direction in stage I esophageal cancer therapy using carbon ion beams with Monte Carlo simulation in PHITS v3.341 and the ORNL adult male phantom model. This study aims to examine the effect of irradiation direction on dose distribution in the target and organs at risks (OARs), as well as to determine the optimal irradiation plan configuration for Carbon Ion Radiation Therapy (CIRT) in esophageal cancer cases.

The research method involved multi-energy simulation for Spread-Out Bragg Peak (SOBP) formation, calculation of the dosimetry index, analysis of dose distribution in the target and OARs according to clinical dose constraints, and statistical evaluation using the Kruskal-Wallis test and Dunn's post-hoc test to distinguish the significance between irradiation angle configurations.

The results showed that variations in irradiation direction did not significantly affect the conformity and coverage of the dose on the target. However, the irradiation direction significantly affected the dose distribution on OARs, the characteristics of dose reduction outside the target, and the dose homogeneity within the target. The anteroposterior (AP/0°) angle was assessed as the best configuration with optimal performance, providing the best OAR protection without compromising effectiveness on the target and being easier to implement clinically. The dose on the PTV was 51.51 Gy (102.22%) with CI 0.9629, HI 0.0124, and GI 1.2767.

Keywords: CIRT, esophageal cancer, irradiation direction, PHITS 3.341

Supervisor : Prof. Dr. Ir. Andang Widi Harto, M.T., IPU, ASEAN Eng.
co-supervisor : Prof. Ir. Yohannes Sardjono, APU

