

**ANALISIS DOSIS RADIASI PADA TERAPI KANKER HATI DENGAN  
HADRON THERAPY BERBASIS NEGATIVE PI MESONS  
MENGUNAKAN PROGRAM PHITS**

Oleh

Fabian Yoga Prastha

17/413816/TK/46256

Diajukan kepada Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika Fakultas Teknik  
Universitas Gadjah Mada pada tanggal 7 Agustus 2023  
untuk memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh derajat  
Sarjana Program Studi Teknik Nuklir

**INTISARI**

Selama lebih dari 100 tahun sejak awal penggunaannya, minimalisasi efek samping radiasi dalam terapi kanker masih menjadi tantangan utama dalam radioterapi. Pi-meson negatif menjadi salah satu opsi partikel yang dapat dimanfaatkan dalam radioterapi. Karakteristik puncak *Bragg* yang efektif dalam pengobatan kanker terdapat pada pi-meson negatif. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis dosis serta waktu iradiasi sebagai salah satu uji praklinis pengembangan terapi pi-meson negatif.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Particle and Heavy Ions Transport code System (PHITS) versi 3.28. Generator pion negatif pada simulasi yang dilakukan mengacu pada sistem ekstraksi pi-meson negatif milik Tri-University Meson Facility (TRIUMF), dengan intensitas keluaran berkas sebesar  $2,5 \times 10^8$  pion/detik. Tubuh pria dewasa digunakan dan dibentuk berdasarkan fantom dari Oak Ridge National Laboratory (ORNL). Jenis kanker hati yang disimulasikan adalah Karsinoma Sel Hati (KSH) stadium IA berdiameter 3 cm pada kedalaman 10 cm. Penyinaran dilakukan pada posisi *anteroposterior* dengan dosis sebesar 60 Gy yang diberikan dalam 30 fraksi. Analisis hasil terapi dititikberatkan pada dosis yang diterima target penyinaran dan jaringan sehat di sekitar tumor.

Dosis radiasi pada target penyinaran didapatkan homogen untuk seluruh volume PTV sebesar 61,69 Gy yang memenuhi 102,82% dosis yang dipreskripsikan dengan durasi total pemberian dosis selama 82,283 s. Dosis yang diterima organ sehat sebesar 2,012 Gy untuk hati; 0,201 Gy untuk tulang rusuk, 0,028 Gy untuk rata-rata paru-paru; 0,015 Gy untuk kerongkongan; 0,01 Gy untuk tulang belakang; 0,02 Gy untuk pankreas; dan 0,018 Gy untuk jantung. Seluruh organ sehat di sekitar target penyinaran menerima dosis radiasi di bawah batas dosis yang ditentukan referensi.

**Kata kunci:** Dosis terapi, Karsinoma Sel Hati, Radioterapi, Pion Negatif, PHITS 3.28.

Pembimbing Utama : Dr. Ir. Andang Widi Harto, M.T.

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



**DOSE ANALYSIS ON LIVER CANCER TREATMENT BY HADRON  
THERAPY BASED ON NEGATIVE PI MESONS USING PHITS  
PROGRAM**

by

Fabian Yoga Prastha

17/413816/TK/46256

Submitted to the Department of Nuclear Engineering and Engineering Physics  
Faculty of Engineering Universitas Gadjah Mada on August 7<sup>th</sup>, 2023  
in partial fulfillment of the requirement for the Degree of  
Bachelor of Engineering in Nuclear Engineering

**ABSTRACT**

For more than 100 years since its initial use, minimizing the side effects of radiation in cancer therapy is still a major challenge in radiotherapy. Negative pi-mesons are one of the particle options that can be utilized in radiotherapy. The characteristic of the Bragg peak which is effective in cancer treatment is found in the negative pi-meson. This study aims to analyze the dose and time of irradiation as a preclinical test for the development of negative pi-meson therapy.

This research was conducted using Particle and Heavy Ions Transport code System (PHITS) software version 3.28. The negative pions generator used in simulation refers to the negative pi-meson extraction system belonging to the Tri-University Meson Facility (TRIUMF), with a beam output intensity of  $2.5 \times 10^8$  pions/sec. An adult male body was used and formed based on the phantom from the Oak Ridge National Laboratory (ORNL). The type of liver cancer simulated was Stage IA Hepatocellular Carcinoma (HCC) with a diameter of 3 cm at a depth of 10 cm. Irradiation was carried out in an anteroposterior position with a dose of 60 Gy given in 30 fractions. Analysis of the results of therapy is focused on the dose received by the target irradiation and healthy tissue around the tumor.

The radiation dose at the irradiation target was homogeneous for the entire PTV volume of 61.69 Gy which fulfilled 102.82% of the dose prescribed with a total duration of irradiating of 82.283 s. The dose received by healthy organs is 2.012 Gy for the liver; 0.201 Gy for ribs, 0.028 Gy for average lungs; 0.015 Gy for the esophagus; 0.01 Gy for spine; 0.02 Gy for the pancreas; and 0.018 Gy for the heart. All healthy organs around the irradiation target receive radiation doses below the specified reference dose constraints.

**Keywords:** Therapeutic dose, Hepatocellular Carcinoma, Radiotherapy, Negative Pions, PHITS 3.28.

Supervisor : Dr. Ir. Andang Widi Harto, M.T.

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

