

ANALISIS DISTRIBUSI DOSIS RADIOTERAPI BERBASIS ION NEON DENGAN METODE *MINIBEAM* MENGGUNAKAN PHITS PADA KASUS GLIOBLASTOMA

Bagus Dwi Utomo

18/428970/TK/47472

Diajukan kepada Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada pada tanggal 29 September 2023
untuk memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh derajat
Sarjana Program Studi Teknik Nuklir

INTISARI

Penanganan Glioblastoma *Multiforme* (GBM) memiliki tantangan tersendiri karena sifatnya yang hipoksia. Penggunaan radioterapi dengan sinar-X dirasa masih kurang efektif mengatasi hipoksia pada GBM dan di lain sisi pemberian dengan metode sinar lebar dapat memberikan efek yang merugikan pada jaringan normal. Jenis radiasi dengan dengan RBE yang tinggi seperti ion neon dengan dikombinasikan dengan metode pemberian fraksinasi spasial seperti metode *minibeam* diperlukan untuk mengatasi dua masalah tersebut.

Penelitian ini akan melakukan analisis terkait distribusi dosis yang dihasilkan dari kombinasi ion neon dengan metode *minibeam*. Penelitian dilakukan dengan simulasi Monte Carlo menggunakan program simulasi *Particle and Heavy Ion Transport code System* (PHITS) versi 3.29. simulasi terapi dilakukan menggunakan fantom ORNL dengan PTV berdiameter 5,5 cm berlokasi pada lobus frontal sebelah kanan. Dosis terapi rerata (tertimbang-RBE) diberikan dalam 1 fraksi sebesar 16 Gy dan diperoleh dari nilai BED skema SRS dalam 3 fraksi. Penyinaran dilakukan dengan metode *broad beam* yang kemudian dibagi dalam 15 susunan berkas mini (*minibeam*) menggunakan *multislit brass collimator* (MBC).

Analisis dilakukan meliputi dosis rerata pada PTV dan OAR serta dosis puncak, dosis lembah, dan PVDR pada *plateau*, SOBP, dan *tail*. Diperoleh dosis terapi rerata (tertimbang-RBE) pada PTV sebesar 16,24 Gy dengan waktu terapi 239,17 detik. Secara umum, dosis pada OAR, baik dalam dosis rerata atau $NTD_{2,0}$ masih dibawah normal dengan mengabaikan persyaratan volume. Nilai dosis lembah tertinggi (faktor penghematan jaringan) pada jaringan normal di wilayah *plateau* adalah $1,43 \pm 0,59$ Gy dan $3,79 \pm 1,20$ Gy. Dosis puncak dan lembah rerata pada wilayah SOBP adalah $73,35 \pm 7,15$ Gy dan $2,60 \pm 1,01$ Gy. Tren nilai PVDR secara umum menurun dimulai dari $66,37 \pm 19,02$ pada awal *plateau* hingga $1,05 \pm 0,46$ akhir *tail*.

Kata kunci: GBM, *minibeam*, ion neon, dosis puncak, dosis lembah, PVDR

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

Pembimbing Pendamping : Darmawati, S.T., M.Si., F.Med.



DOSE DISTRIBUTION ANALYSIS OF RADIOTHERAPY BASED ON NEON IONS WITH MINIBEAM METHOD USING PHITS IN GLIOBLASTOMA CASE

Bagus Dwi Utomo

18/428970/TK/47472

Submitted to the Departement of Nuclear Engineering and Engineering Physics
Faculty of Engineering Universitas Gadjah Mada on September 29th, 2023
in partial fulfillment of the requirement for the Degree of
Bachelor of Engineering in Nuclear Engineering

ABSTRACT

Handling Glioblastoma Multiforme (GBM) poses significant challenges due to its hypoxic nature. The use of radiotherapy with X-rays is considered less effective in addressing hypoxia in GBM. Conversely, employing the wide beam method can have detrimental effects on normal tissue. A type of radiation with a high RBE, such as neon ions, is required and should be combined with a spatial fractionation method, like the minibeam method, to overcome these issues.

This research aims to analyze the dose distribution resulting from the combination of neon ions with the minibeam method. The study utilized Monte Carlo simulation with the Particle and Heavy Ion Transport code System (PHITS) simulation program version 3.29. The therapy simulation was conducted using an ORNL phantom with a PTV diameter of 5.5 cm located in the right frontal lobe. The average therapeutic dose (RBE-weighted) administered in one fraction was 16 Gy, obtained from the BED value of the SRS scheme delivered in three fractions. Beam delivery was accomplished using the broad beam method, which was subsequently divided into 15 minibeam arrangements using a multislit brass collimator (MBC).

The analysis encompassed the average dose at PTV and OAR, as well as peak dose, valley dose, and PVDR at the plateau, SOBP, and tail. The average therapeutic dose (RBE-weighted) at the PTV was measured at 16,24 Gy, with time of therapy was 239,17 seconds. In general, the dose to OAR, whether in terms of average dose or NTD2.0, remained below normal tissue tolerance levels, regardless of volume requirements. The highest valley dose values (tissue sparing factor) in normal tissue in the plateau region were $1,43 \pm 0,59$ Gy and $3,79 \pm 1,20$ Gy, respectively. The average peak and valley doses in the SOBP region were $73,35 \pm 7,15$ Gy and $2,60 \pm 1,01$ Gy, respectively. The PVDR values exhibited a general decreasing trend, starting at $66,37 \pm 19,02$ at the beginning of the plateau and decreasing to $1,05 \pm 0.46$ at the end of the tail.

Kata kunci: GBM, *minibeam*, neon ions, peak dose, valley dose, PVDR

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

Co-supervisor : Darmawati, S.T., M.Si., F.Med.

