UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Studi Simulasi Monte Carlo Untuk Menentukan Nilai Efektivitas Biologis Relatif Terapi Proton Menggunakan Kode TOPAS v4.0.0
Aldino Putra Andeaz, Dr.-Ing. Ir. Kusnanto; M. Arif Efendi, S.Si., M.Sc., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2025 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Studi Simulasi Monte Carlo Untuk Menentukan Nilai Efektivitas Biologis Relatif Terapi Proton Menggunakan Kode TOPAS V4.0.0

Aldino Putra Andeaz
21/473722/TK/52219

Diajukan kepada Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada pada tanggal 25 Agustus 2025
untuk memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh derajat
Sarjana Program Studi Teknik Nuklir

INTISARI

Pelaksanaan *Proton Beam Therapy* (PBT) untuk pengobatan tumor dalam semakin ramai dilakukan. Diskusi dewasa ini semakin menunjukkan bahwa penggunaan RBE tetap senilai 1,1 sepanjang SOBP tidak lagi tepat. Studi simulasi Geant4 dengan TOPAS dapat digunakan untuk menyimulasikan pengiriman dosis radiasi SOBP tertentu yang dirancang mandiri. Penelitian ini bermaksud menaksir RBE_{4Gy} di simulasi TOPAS untuk SOBP hasil rancangan tertentu hingga dihasilkan nilai RBE dengan standar yang baku.

Kajian dilakukan dengan merancang SOBP energi 170 MeV dengan variasi lebar 3,9 cm (20% nilai jangkauan SOBP); 5,85 cm (30% nilai jangkauan SOBP); dan 7,8 cm (40% nilai jangkauan SOBP) untuk dikirimkan kepada fantom air dengan ukuran 40 cm x 40 cm x 40 cm. Dosis, LET, dan skor biologis (RBE) dicatat pada suatu *volume* silinder radius 2 cm sepanjang 40 cm yang terdiri atas 200 bin dengan lebar masing-masing bin 0,2 cm. RBE ditaksir menggunakan model penaksir Wedenberg.

Studi simulasi memperoleh hasil bahwa untuk tiga variasi lebar SOBP energi 170 MeV yang dirancang, nilai RBE_{4Gy} sepanjang SOBP pada titik fraksi dosis yang relevan secara klinis selalu sama. Pada sepanjang *entrance* kurva PDD, titik fraksi dosis proksimal 95%, dan sepanjang *plateau* nilai RBE_{4Gy} sebesar 1,1 kemudian dengan cepat sejak posisi titik fraksi dosis distal 95% bernilai 1,2 yang dilanjutkan pada posisi *distal fall-off* bernilai 1,3 dan 1,4 hingga 1,6 pada kedalaman 21 cm, sekitar 1,5 hingga 2 cm setelah batas jangkauan SOBP 170 MeV. Nilai dosis absolut pada seluruh kedalaman fantom air yang ditandai oleh titik krusial itu berbeda untuk tiap lebar SOBP 170 MeV. Tetapi pada titik fraksi dosis yang sama, nilai RBE_{4Gy} akan secara unik sama. Nilai RBE adalah cermin dari nilai LET sepanjang SOBP. Dimana peningkatan RBE secara gradual menjadi lebih besar dari 1,1 sejak distal 95% SOBP, menuruti profil peningkatan nilai numeris LET sepanjang SOBP. Metode dengan penaksir RBE standar pada kajian skripsi ini valid memprediksi efektivitas biologis relatif sistem PBT dengan teknik *passive scattering*.

Kata kunci: PBT, RBE, SOBP, LET, TOPAS

Dosen Pembimbing Utama : Dr.-Ing. Ir. Kusnanto
Dosen Pembimbing Pendamping : M. Arif Efendi, S.Si., M.Sc., Ph.D.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Studi Simulasi Monte Carlo Untuk Menentukan Nilai Efektivitas Biologis Relatif Terapi Proton Menggunakan Kode TOPAS v4.0.0
Aldino Putra Andeaz, Dr.-Ing. Ir. Kusnanto; M. Arif Efendi, S.Si., M.Sc., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2025 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

A Monte Carlo Simulation Study to Determine the Relative Biological Effectiveness of Proton Therapy using TOPAS v4.0.0 Toolkit

Aldino Putra Andeaz
21/473722/TK/52219

Submitted to the Department of Nuclear Engineering and Engineering Physics
Faculty of Engineering Universitas Gadjah Mada on August 25th, 2025
in partial fulfillment of the requirement for the Degree of
Bachelor of Engineering in Nuclear Engineering

ABSTRACT

Proton Beam Therapy (PBT) is increasingly practiced to treat deep-seated tumours. The recent discussion shows that using fixed RBE 1,1 along SOBP is no longer appropriate. A simulation study using Geant4 through TOPAS could be used to simulate radiation dose delivery of any SOBP that designed independently. This study aim to assess RBE_{4Gy} through TOPAS simulation for certain designed SOBP to obtain standardized RBE value .

The research is carried out first by desiginig SOBP of 170 MeV energy with width variation of 3.9 cm (20% of SOBP range), 5.85 cm (30% of SOBP range), and 7.8 cm (40% of SOBP range) to be delivered to a water phantom of size 40 cm x 40 cm x 40 cm. Dose, LET, and biological score (RBE) are recorded in a cylindrical volume with a 2 cm radius and 40 cm length that consists of 200 bins in which the width of each bin is 0.2 cm. RBE is assesed using Wedenberg biological scorers.

Simulation study acquired a result that for the three width variations of SOBP 170 MeV designed, the value of RBE_{4Gy} along SOBP on any dose fraction point that is relevant clinically is always similar. Through the entrance of the PDD curve, the proximal 95% dose fraction point, and along the plateau the value of RBE_{4Gy} is 1.1 and then immediately valued at 1.2 since the distal 95% dose fraction point that continued through the distal fall-off was valued at 1.3 and 1.4 up to 1.6 at 21 cm depth, about 1.5 to 2 cm after the range of SOBP 170 MeV. The absolute value of the dose at all depths of water phantom that is marked by those crucial points is different for every width variation of the 170 MeV SOBP. But on any identical dose fraction point, the value of RBE4Gy will be uniquely identical. RBE values are a mirror of LET values along SOBP. Which is the gradual increase of RBE to be greater than 1.1 since distal 95% of SOBP, is emulating the profile of increasing value of LET along SOBP. The research method of using a standard RBE assessor on this bachelor's thesis is valid in predicting the Relative Biological Effectiveness of the PBT system that is being delivered using the passive scattering technique.

Keywords: PBT, RBE, SOBP, LET, TOPAS

Supervisor : Dr.-Ing. Ir. Kusnanto
Co-supervisor : M. Arif Efendi, S.Si., M.Sc., Ph.D.