

ABSTRAK

Farid Khoriyanto, 2025, Efektivitas Material Perisai Radiasi Berbasis Logam Berat Pada Fasilitas Proton Terapi Menggunakan Simulasi Monte Carlo

Proton terapi merupakan metode pengobatan kanker yang memanfaatkan proton berenergi tinggi untuk menghantarkan dosis radiasi secara tepat pada tumor dengan memanfaatkan fenomena Bragg Peak. Namun, interaksi proton dengan jaringan tubuh dapat menghasilkan radiasi neutron sekunder, yang berpotensi meningkatkan risiko kanker sekunder dan membahayakan tenaga medis. Oleh karena itu, diperlukan material shielding yang efektif untuk mengurangi paparan radiasi neutron. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas beberapa material shielding, termasuk beton Portland (M0), M1 (beton nano zinc oxide dan silica, $3,02 \text{ g/cm}^3$), M2 (beton dengan tambahan PbO 30 %, $2,60228 \text{ g/cm}^3$), M3 (beton dengan tambahan paduan Timah dan Bismuth, $6,238 \text{ g/cm}^3$), M4 (beton Chrome Ore dan Titanium Dioxide, $5,1 \text{ g/cm}^3$), dan M5 (beton Ferrochrome Slag Aggregate, $2,581 \text{ g/cm}^3$), dalam menyerap radiasi proton dan neutron. Metode simulasi Monte Carlo (MCNP) digunakan untuk menganalisis parameter atenuasi, seperti koefisien atenuasi linier, koefisien atenuasi massa, serta Half Value Layer (HVL) dan Tenth Value Layer (TVL). Hasil simulasi menunjukkan bahwa dosis ekuivalen ambien pada setiap dinding dengan semua variasi material masih berada di bawah batas yang ditetapkan oleh BAPETEN sehingga secara keseluruhan material yang diuji masih aman digunakan sebagai pelindung radiasi. Selain itu, material M4 menunjukkan nilai koefisien atenuasi linier tertinggi sebesar $0,227 \text{ cm}^{-1}$, HVL sebesar 3,047 cm, dan TVL sebesar 10,123 cm, menjadikannya yang paling efektif dalam mereduksi intensitas radiasi. Secara umum, urutan performa terbaik material berdasarkan parameter atenuasi adalah M4, M3, M2, M5, M1, dan M0; sedangkan berdasarkan dosis ekuivalen ambien adalah M4, M2, M1, M3, M5, dan M0. Dengan demikian, material M4 merupakan kandidat paling optimal sebagai material shielding radiasi neutron dan proton dalam fasilitas proton terapi.

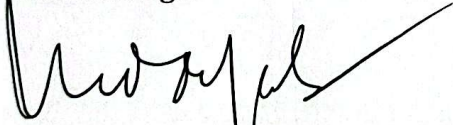
Kata Kunci:

Terapi Proton, Material *Shielding*, MCNP, Atenuasi

Semarang, 20 Mei 2025

Mengetahui

Pembimbing I



Prof. Dr. Eng. Eko Hidayanto, M.Si., F.Med.

NIP. 197301031998021001

Pembimbing II



Dr. Ngurah Ayu Ketut Umiati, M.Si

NIP. 197405082000032001

ABSTRACT

Farid Khoriyanto, 2025, Effectiveness of Heavy Metal-Based Radiation Shielding Materials in Proton Therapy Facilities Using Monte Carlo Simulation

Proton therapy is a cancer treatment method that utilizes high-energy protons to deliver radiation doses precisely to tumors by exploiting the Bragg Peak phenomenon. However, interactions between protons and body tissues can generate secondary neutron radiation, potentially increasing the risk of secondary cancers and posing hazards to medical personnel. Therefore, effective shielding materials are needed to reduce neutron radiation exposure. This study aims to evaluate the effectiveness of several shielding materials, including Portland concrete (M0), M1 (concrete with nano zinc oxide and silica, 3.02 g/cm^3), M2 (concrete with 30% PbO addition, 2.60228 g/cm^3), M3 (concrete with tin and bismuth alloy additives, 6.238 g/cm^3), M4 (concrete with chrome ore and titanium dioxide, 5.1 g/cm^3), and M5 (concrete with ferrochrome slag aggregate, 2.581 g/cm^3), in attenuating proton and neutron radiation. The Monte Carlo simulation method (MCNP) was used to analyze attenuation parameters such as linear attenuation coefficient, mass attenuation coefficient, Half Value Layer (HVL), and Tenth Value Layer (TVL). Simulation results showed that the ambient equivalent dose on each wall with all material variations remained below the safety limits set by BAPETEN, indicating that all tested materials are generally safe for use as radiation shields. Additionally, M4 demonstrated the highest linear attenuation coefficient (0.227 cm^{-1}), the lowest HVL (3.047 cm), and a TVL of 10.123 cm, making it the most effective in reducing radiation intensity. Overall, the best to worst material performance based on attenuation parameters was M4, M3, M2, M5, M1, and M0; while based on ambient equivalent dose, the order was M4, M2, M1, M3, M5, and M0. Thus, M4 is the most optimal candidate for neutron and proton radiation shielding in proton therapy facilities.

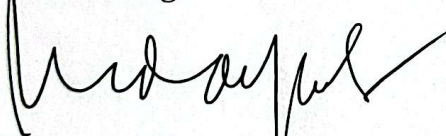
Keywords:

Proton therapy, shielding materials, MCNP, attenuation

Semarang, 20 Mei 2025

Mengetahui

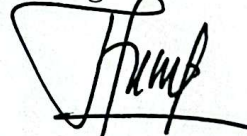
Pembimbing I



Prof. Dr. Eng. Eko Hidayanto, M.Si., F.Med.

NIP. 197301031998021001

Pembimbing II



Dr. Ngurah Ayu Ketut Umiati, M.Si

NIP. 197405082000032001