

PEMODELAN DAN VALIDASI SPEKTRUM GAMA ^{60}Co DARI DETEKTOR NaI(Tl) MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK OPENMC

Adhitya Pryazada Hadi
21/479408/TK/52889

Diajukan kepada Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada pada tanggal 2 Oktober 2025
untuk memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh derajat
Sarjana Program Studi Teknik Nuklir

INTISARI

Detektor NaI(Tl) banyak digunakan dalam spektroskopi gama karena efisiensi deteksinya yang tinggi, namun keterbatasan resolusi energi menimbulkan tantangan dalam pemisahan puncak gama. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan dan memvalidasi detektor NaI(Tl) FLIR identiFINDER® R400 untuk pengukuran spektrum gama isotop ^{60}Co dengan perangkat lunak *open-source* OpenMC berbasis metode Monte Carlo. Pendekatan ini dipilih sebagai alternatif yang lebih efisien dibandingkan pengubahan parameter detektor secara fisik yang membutuhkan biaya dan waktu yang besar.

Pemodelan dilakukan dengan membangun geometri detektor dan sumber radiasi dalam OpenMC, diikuti dengan penambahan fungsi *Gaussian Energy Broadening* (GEB) untuk merepresentasikan resolusi detektor. Simulasi dijalankan pada berbagai variasi, meliputi jarak sumber-detektor, ketebalan perisai timbal dan aluminium, serta jarak detektor terhadap perisai. Data hasil simulasi kemudian divalidasi dengan pengukuran eksperimen menggunakan detektor yang sama di Laboratorium Teknologi Energi Nuklir UGM.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model detektor yang dibangun mampu merepresentasikan respons spektrum gama ^{60}Co secara realistis. Diperoleh parameter respon detektor GEB dengan nilai $a = 8592,4414$; $b = 94,4912$; dan $c = 4,4692 \times 10^{-7}$ melalui proses fitting. Secara kuantitatif, intensitas cacah hasil simulasi cenderung lebih tinggi dibandingkan eksperimen dengan galat relatif berkisar antara 9% hingga 35% bergantung pada konfigurasi. Uji statistik *reduced chi-square* menghasilkan nilai rerata 1,768, yang mengindikasikan bahwa model spektrum yang dibangun memiliki tingkat kesesuaian yang baik terhadap data eksperimen, sehingga memvalidasi kemampuan OpenMC dalam memodelkan respons detektor NaI(Tl) untuk pengukuran spektrum gama. Meskipun begitu, perlu diperhatikan bahwa tingkat kesesuaian cenderung menurun seiring berkurangnya sinyal cacah.

Kata kunci: kobalt-60, Monte carlo, NaI(Tl), openMC, spektroskopi gama

Pembimbing Utama : Dr.Ing. Ir. Sihana, IPU

Pembimbing Pendamping : Ir. Nunung Prabaningrum, M.T., Ph.D., IPU



MODELING AND VALIDATION OF ^{60}Co GAMMA SPECTRUM NaI(Tl) DETECTOR FOR MEASUREMENT USING OpenMC SOFTWARE

Adhitya Pryazada Hadi

21/479408/TK/52889

Submitted to the Departement of Nuclear Engineering and Engineering Physics
Faculty of Engineering Universitas Gadjah Mada on October 2nd, 2025
in partial fulfillment of the requirement for the Degree of
Bachelor of Engineering in Nuclear Engineering

ABSTRACT

NaI(Tl) detectors are widely used in gamma spectroscopy due to their high detection efficiency, but limited energy resolution poses challenges in gamma peak separation. This study aims to model and validate the FLIR identiFINDER® R400 NaI(Tl) detector for the measurement of ^{60}Co isotope gamma-ray spectra using the open-source Monte Carlo code OpenMC. This approach was chosen as a more efficient alternative instead of physically changing the detector parameters which is costly and time-consuming.

Modeling was performed by constructing the detector and radiation source geometry in OpenMC, followed by adding the Gaussian Energy Broadening (GEB) function to represent the detector resolution. Simulations were run at various variations, including source-detector distance, lead and aluminum shielding thickness, and detector-to-shield distance. The simulation data were then validated with experimental measurements using the same detector at the UGM Nuclear Energy Technology Laboratory.

The results show that the developed detector model is capable of realistically representing the gamma spectrum response of ^{60}Co . The GEB detector response parameters were obtained with values of $a = 8592.4414$; $b = 94.4912$; and $c = 4.4692 \times 10^{-7}$ through a fitting process. Quantitatively, the counting intensity of the simulation results tends to be higher than the experiment with a relative errors ranging from 9% to 35% depending on the configuration. The reduced chi-square statistical test yielded a mean value of 1.768, indicating that the constructed spectrum model has a good level of agreement with the experimental data, thus validating the ability of OpenMC in modeling the response of the NaI(Tl) detector for gamma spectrum measurements. However, it should be noted that the level of fit tends to decrease as the count signal decreases.

Keywords: cobalt-60, openMC, gamma spectroscopy, Monte Carlo, NaI(Tl)

Supervisor : Dr.Ing. Ir. Sihana, IPU

Co-supervisor : Ir. Nunung Prabaningrum, M.T., Ph.D., IPU

