

ABSTRAK

Radiasi ionisasi berpotensi menimbulkan dampak biologis sehingga diperlukan perisai radiasi untuk mengurangi tingkat paparan. Evaluasi efektivitas perisai tersebut membutuhkan sistem instrumentasi yang mampu melakukan pengukuran secara akurat, stabil, dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem instrumentasi uji efektivitas perisai radiasi berbasis mikrokontroler ESP32.

Sistem yang dikembangkan menggunakan detektor Geiger–Müller sebagai sensor radiasi, rangkaian pembangkit tegangan tinggi sebagai catu daya, serta rangkaian pembentuk pulsa untuk mengonversi sinyal radiasi menjadi sinyal digital yang dapat diproses oleh mikrokontroler. ESP32 berfungsi menghitung laju cacahan radiasi, menampilkan hasil pengukuran pada layar LCD, serta mengirimkan data secara nirkabel. Pengujian dilakukan melalui variasi jarak sumber radiasi dan penggunaan material perisai berupa timbal (Pb), papan triplek, dan beton.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa tegangan kerja optimum detektor berada pada daerah plateau sekitar 500–700 V yang menghasilkan respon deteksi yang stabil. Pengujian variasi jarak memperlihatkan kesesuaian dengan hukum kuadrat terbalik, sedangkan pengujian material perisai menunjukkan bahwa timbal dan beton memiliki efektivitas atenuasi yang lebih tinggi dibandingkan triplek. Perbandingan dengan alat standar menghasilkan galat rata-rata sebesar 13,67% sehingga sistem yang dikembangkan memiliki performa yang baik sebagai prototipe monitoring radiasi berbasis mikrokontroler. Dengan demikian, sistem ini mampu merepresentasikan fenomena fisika radiasi secara konsisten dan berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut menuju aplikasi instrumentasi radiasi berbasis Internet of Things (IoT).

Kata kunci: detektor Geiger–Müller, perisai radiasi, ESP32, instrumentasi radiasi, metode Fuzzy.

ABSTRACT

Ionizing radiation may cause significant biological effects; therefore, radiation shielding is required to reduce exposure levels. Evaluating the effectiveness of shielding materials requires an instrumentation system capable of performing accurate, stable, and continuous measurements. This study aims to design and develop a radiation shielding effectiveness testing system based on an ESP32 microcontroller.

The proposed system employs a Geiger–Müller detector as the radiation sensor, a high-voltage generator as the power supply, and a pulse-shaping circuit to convert radiation events into digital signals. The ESP32 microcontroller processes the detected pulses to calculate the radiation count rate, displays measurement results on an LCD, and transmits data wirelessly. Experimental testing was conducted by varying the distance between the radiation source and detector, as well as by introducing different shielding materials, including lead (Pb), plywood, and concrete.

Experimental results indicate that the optimal operating voltage lies within the Geiger–Müller plateau region at approximately 500–700 V, providing stable detection performance. Distance variation experiments demonstrate behavior consistent with the inverse square law, while shielding tests reveal that lead and concrete exhibit significantly higher attenuation effectiveness compared to plywood. Comparison with a calibrated reference instrument yields an average measurement error of 13.67% indicating that the developed system performs reliably as a microcontroller-based radiation monitoring prototype. Overall, the system successfully represents fundamental radiation physics phenomena and shows strong potential for further development toward Internet of Things (IoT)-based radiation instrumentation applications.

Keywords: Geiger–Müller detector, ESP32, ionizing radiation, attenuation, radiation shielding, instrumentation system.