

**ANALISIS PENGARUH DAYA DAN WAKTU PENAHANAN TERHADAP  
KAPASITAS PRODUKSI MO-99 PADA GAMA AQUEOUS  
HOMOGENEOUS REACTOR (GAMA-AHR) DENGAN METODE  
KOMPUTASI**

Sultan Syahid Hidayatullah Gummay  
19/443963/TK/49159

Diajukan kepada Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika Fakultas Teknik  
Universitas Gadjah Mada pada tanggal 28 Juli 2025  
untuk memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh derajat  
Sarjana Program Studi Teknik Nuklir

**INTISARI**

Tingginya permintaan terhadap Tc-99m, mencerminkan peningkatan kebutuhan Mo-99 seiring dengan pertumbuhan populasi lanjut usia, prevalensi penyakit jantung dan kanker, serta perluasan akses terhadap teknologi kedokteran nuklir di negara berkembang. Salah satu metode yang telah berhasil dikembangkan dan efektif dalam memproduksi Mo-99 adalah menggunakan reaktor AHR (Aqueous Homogeneous Reactor). AHR dapat dibangun dalam skala modular, dengan daya termal 50-500 kWth, sehingga cocok diterapkan dalam skala lokal di institusi riset, rumah sakit besar, atau pusat isotop nasional. Desain **GAMA-AHR** dikembangkan oleh peneliti Indonesia sebagai bentuk adaptasi lokal dari teknologi AHR global, secara khusus ditujukan untuk produksi radioisotop medis, terutama isotop Mo-99 dalam skala nasional.

Waktu penahanan (*hold-up time*) pada desain reaktor produksi Mo-99 memiliki peran penting dalam memastikan efisiensi dan keamanan proses. Waktu ini mengacu pada durasi bahan target berada dalam reaktor setelah iradiasi neutron. Waktu penahanan yang diatur dengan baik dalam desain reaktor produksi Mo-99 berkontribusi pada produksi yang aman, efisien, dan berkualitas tinggi. Jika GAMA-AHR dirancang sebagai alat memproduksi Mo-99 maka perlu diketahui waktu yang tepat untuk mengekstrak Mo-99 dengan parameter AHR yang ada.

Hasil perhitungan ulang menggunakan *Python* versi 3.13.3 pada daya 200 kWth menunjukkan bahwa nilai asimtotis laju produksi Mo-99 *delivered* adalah  $A_{42.99,prod,6day}(\infty) = 3520,439848$  *six-day* Ci per minggu. Berdasarkan model grafik aktivitas Mo-99 dalam reaktor dan laju produksi Mo-99 dengan variasi waktu penahanan 1 hingga 7 hari menunjukkan bahwa laju produksi maksimum terjadi beberapa saat (sehari) setelah ekstraksi Mo-99 mulai diaktifkan. Waktu penahanan berpengaruh terhadap laju produksi maksimum. Dengan demikian, nilai *asimtotis* tidak tergantung pada waktu penahanan.

**Kata Kunci** : Mo-99, GAMA-AHR, Laju Produksi Mo-99 *delivered*, *Python*, Waktu Penahanan, Nilai *Asimtotis*.

Pembimbing Utama : Dr. Ir. Andang Widi Harto, MT., IPU., ASEAN Eng.  
Pembimbing Pendamping : Dr. Ing. Ir. Sihana.



*Analysis of the Effect of Power and Holding Time on Mo-99 Production Capacity in GAMA Aqueous Homogeneous Reactor (GAMA-AHR) Using Computational Methods*

Sultan Syahid Hidayatullah Gummay  
19/443963/TK/49159

Submitted to the Department of Nuclear Engineering and Engineering Physics  
Faculty of Engineering Universitas Gadjah Mada on July 28<sup>th</sup>, 2025  
in partial fulfillment of the requirement for the Degree of  
Bachelor of Engineering in Nuclear Engineering

**ABSTRACT**

*The high demand for Tc-99m is reflected in the growing need for Mo-99, driven by an aging population, the prevalence of cardiovascular disease and cancer, and expanded access to nuclear medicine technology in developing countries. One method that has been successfully developed and proven effective for producing Mo-99 is the Aqueous Homogeneous Reactor (AHR). AHRs can be constructed modularly, with thermal outputs ranging from 50 to 500 kWth, making them well suited for deployment at research institutions, large hospitals, or national isotope centers. The GAMA-AHR design was developed by Indonesian researchers as a localized adaptation of global AHR technology, specifically intended for the national-scale production of medical radioisotopes, particularly Mo-99.*

*Hold-up time plays a critical role in the Mo-99 production reactor design by ensuring process efficiency and safety. Hold-up time refers to the duration that the target material remains in the reactor after neutron irradiation. A properly regulated hold-up time contributes to safe, efficient, and high-quality Mo-99 production. If the GAMA-AHR is to be employed as an Mo-99 production system, the optimal extraction time for Mo-99 must be determined based on the existing AHR parameters.*

*Recalculations performed with Python version 3.13.3 at 200 kWth revealed that the asymptotic value of the delivered Mo-99 production rate,  $A_{42.99,prod,6day}(\infty)$ , is 3441.98 six-day Ci per week. Based on the modeled graph of Mo-99 activity in the reactor and its production rate across hold-up times ranging from one to seven days, the maximum production rate is reached approximately one day after the initiation of Mo-99 extraction. Although hold-up time influences the peak production rate, the asymptotic value remains independent of hold-up time.*

**Keywords** : Mo-99, GAMA-AHR, Mo-99 production rate delivered, Python, Holding Time, Asymptotic Value.

**Supervisor** : Dr. Ir. Andang Widi Harto, MT., IPU., ASEAN Eng.

**Co-supervisor** : Dr. Ing. Ir. Sihana.

