UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Investigasi kinerja termohidrolik dan instabilitas aliran sirkulasi alami berdasarkan variasi daya pemanas dan inklinasi loop untuk pengembangan sistem pendingin pasif di PLTN
Roy Waluyo, Prof. Dr. Eng. Ir. Deendarlianto, S.T., M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

Sistem keselamatan pada Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) memerlukan penerapan mekanisme perlindungan berlapis yang andal dan komprehensif untuk menjamin keselamatan operasional, khususnya dalam menghadapi potensi kegagalan sistem aktif. Dalam konteks ini, sistem pendingin pasif menjadi komponen penting untuk menjaga pembuangan panas sisa reaktor tanpa ketergantungan pada daya eksternal.

Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi perilaku aliran, instabilitas, serta efektivitas perpindahan kalor pada sistem sirkulasi alami pada untai berbentuk persegi panjang (*rectangular loop*), dengan mempertimbangkan variasi daya pemanas dan inklinasi sebagai parameter utama. Eksperimen dilakukan pada sebuah untai berskala menengah dengan tinggi 2,5meter dan lebar 0,85meter menggunakan fluida kerja air dengan variasi inklinasi 0°, 15°, dan 30°. Pada masing-masing inklinasi, daya divariasikan mulai 750 W, 890 W, dan 1100 W. Debit aliran diukur menggunakan flowmeter elektromagnetik, sedangkan distribusi temperatur diperoleh dari 23 titik pengukuran termokopel yang tersebar di setiap segmen *loop*. Karakterisasi sistem dilakukan melalui pendekatan statistik berbasis analisis wavelet dan spektrum frekuensi terhadap magnitude aliran, untuk mengevaluasi dinamika instabilitas pada setiap kombinasi parameter eksperimental.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan daya pemanas mempercepat waktu untuk mencapai kondisi tunak dan meningkatkan laju aliran massa melalui peningkatan gaya apung. Namun, daya yang tinggi juga memicu fluktuasi aliran yang dapat menurunkan stabilitas sistem. Di sisi lain, peningkatan sudut inklinasi terbukti mengurangi komponen vertikal gaya apung, yang berdampak pada penurunan laju aliran, namun secara umum dapat memperbaiki kestabilan aliran. Analisis gaya apung dan gaya retarding menunjukkan adanya interaksi kompleks antara konfigurasi geometri, parameter operasi, dan dinamika aliran yang secara bersama-sama memengaruhi performa termohidrolik sistem.

Kata kunci: Sirkulasi alami, instabilitas aliran, sistem pendingin pasif, daya pemanas, sudut inklinasi, PLTN, termohidrolik

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Investigasi kinerja termohidrolik dan instabilitas aliran sirkulasi alami berdasarkan variasi daya pemanas dan inklinasi loop untuk pengembangan sistem pendingin pasif di PLTN
Roy Waluyo, Prof. Dr. Eng. Ir. Deendarlianto, S.T., M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

Safety systems in Nuclear Power Plants (NPPs) require reliable, comprehensive, layered protection mechanisms to ensure operational safety, especially during active system failures. In this context, the passive cooling system is an essential component for dissipating reactor residual heat without relying on external power. This study aims to investigate the flow characteristics, instability, and heat-transfer performance of a natural-circulation system with a rectangular-loop configuration, considering variations in heating power and inclination angle as the main parameters. Experiments were conducted on a medium-scale rectangular strand with a height of 2.5 meters and a width of 0.85 meters, using water as the working fluid, with inclination angles of 0˚, 15˚, and 30˚. At each inclination, the power was varied from 750W, 890W, and 1100W. Flow discharge was measured with an electromagnetic flowmeter, and the temperature distribution was obtained from 23 thermocouples distributed across each loop segment. System characterization was performed using a statistical approach based on wavelet analysis and the flow-magnitude frequency spectrum to evaluate instability dynamics for each combination of experimental parameters. The results show that increasing the heater power accelerates the attainment of the steady state and increases the mass flow rate by increasing the buoyancy force. However, high power also triggers flow fluctuations, which can degrade system stability. On the other hand, increasing the inclination angle reduced the vertical component of the buoyancy force, leading to a decrease in flow rate but generally improving flow stability. The analysis of buoyancy and retarding forces shows the complex interactions between geometry configuration, operating parameters, and flow dynamics that jointly affect the thermohydraulic performance of the system.

Keywords: Natural circulation, flow instability, passive cooling system, heating power, inclination angle, nuclear power plant, thermohydraulic