

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh (1) karakterisasi dan klasifikasi distribusi temperatur serta laju aliran sirkulasi alami berdasarkan perubahan radius elbow dan daya pemanas, (2) klasifikasi regime aliran terhadap perubahan radius elbow dan daya, (3) hubungan bilangan Reynolds dan bilangan Grashof terhadap variasi radius elbow dan daya, serta (4) Identifikasi regime aliran berdasarkan hasil visualisasi dan analisis wavelet. Sistem yang digunakan berupa U-top rectangular loop dengan WHT sebagai pemanas dan pipa berfin yang terendam air bersuhu 10°C sebagai pendingin. Variasi radius elbow yang digunakan adalah 250 mm, 300 mm, dan 350 mm, sedangkan daya pemanas divariasikan sebesar 550 W, 750 W, dan 950 W. Pengujian dilakukan selama 25.200 detik dengan pencatatan temperatur pada beberapa titik serta laju aliran yang terbentuk akibat konveksi alami.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem sirkulasi alami mengalami tiga fase utama, yaitu *transient*, *quasi-steady*, dan *steady-state*. Fase *transient* mendominasi pada awal pemanasan dan berakhir sekitar 14.000 detik, sedangkan *steady-state* dicapai ketika perubahan temperatur dan kecepatan aliran kurang dari 1%. Peningkatan daya mempercepat laju perpindahan panas pada WHT, meningkatkan laju aliran sirkulasi, dan memperpendek waktu menuju kondisi *steady-state*. Radius elbow yang lebih besar (R350) menghasilkan kestabilan termal yang lebih baik dengan gradien temperatur dan fluktuasi kecepatan yang lebih kecil dibandingkan radius yang lebih kecil.

Klasifikasi regime aliran berdasarkan bilangan Reynolds menunjukkan bahwa aliran pada sistem ini berada di regime turbulen. Perubahan regime aliran tidak sepenuhnya mengikuti ambang Reynolds klasik, melainkan oleh interaksi antara gradien temperatur, gaya apung, dan perubahan sifat termofisika fluida yang terjadi secara lokal. Analisis hubungan antara bilangan Grashof dan Reynolds menunjukkan korelasi linier positif, yang menegaskan bahwa peningkatan gaya apung akibat peningkatan daya menjadi penggerak utama sirkulasi alami. Visualisasi aliran dan analisis wavelet berhasil mengungkap perubahan struktur aliran secara kuantitatif dan memperkuat interpretasi visual terhadap perkembangan pola aliran pada NCL. Dengan demikian, perubahan radius elbow dan daya memiliki pengaruh signifikan terhadap kestabilan termal, regime aliran, serta intensitas sirkulasi fluida di dalam loop.

Kata kunci: sirkulasi alami, radius elbow, daya pemanas, distribusi temperatur, bilangan Reynolds, bilangan Grashof.

ABSTRACT

This study aims to obtain (1) the characterization and classification of temperature distribution and natural circulation flow rate based on variations in elbow radius and heating power, (2) the flow regime classification with respect to changes in elbow radius and power, (3) the relationship between Reynolds and Grashof numbers as a function of elbow radius and power input, and (4) flow regime identification based on flow visualization and wavelet analysis. The experimental setup consists of a U-top rectangular loop with a WHT as the heat source and a finned tube immersed in 10°C water as the cooler. The elbow radius was varied at 250 mm, 300 mm, and 350 mm, while the heating power was set at 550 W, 750 W, and 950 W. The experiment was conducted for 25,200 seconds, recording temperature distributions and flow velocity generated by natural convection.

The results indicate that the natural circulation system exhibits three main phases: transient, quasi-steady, and steady-state. The transient phase dominates the initial heating period and ends around 14,000 seconds, while steady-state is achieved when temperature and velocity variations fall below 1%. Increasing the heating power accelerates heat transfer in the WHT, enhances the circulation rate, and shortens the time to reach steady conditions. A larger elbow radius (R350) provides better thermal stability with lower temperature gradients and smaller velocity fluctuations compared to smaller radius.

Classification of flow regimes based on Reynolds number indicates that the flow in this system is in a turbulent regime. However, the transition between flow regimes does not strictly follow the classical Reynolds number thresholds, but is governed by the complex interaction of temperature gradients, buoyancy forces, and local variations in fluid thermophysical properties. The relationship between the Grashof and Reynolds numbers exhibits a positive linear correlation, confirming that buoyancy force enhanced by higher heating power is the dominant driver of natural circulation. Flow visualization and wavelet analysis successfully reveal changes in flow structure quantitatively and strengthen the visual interpretation of the development of flow patterns in the NCL. Therefore, variations in elbow radius and power significantly influence thermal stability, flow regime, and circulation intensity within the loop.

Keywords: *natural circulation, elbow radius, heating power, temperature distribution, Reynolds number, Grashof number*