UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Inovasi Manajemen Termal Berdasarkan Kinerja Termohidrolik dan Mekanisme Transisi Aliran Dua Fase
Sirkulasi Alami Menggunakan Nanofluida Al2O3 pada Sistem Pendingin Pasif Nuklir
Dwi Yuliaji, Prof. Dr. Ir. Deendarlianto, S.T., M.Eng., Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA, IPM, ASEAN Eng., Prof. Dr. Ir. Mulya J
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

Pendingin sirkulasi alami saat ini menjadi fitur di dalam sistem keselamatan reaktor Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) yang terus dikembangkan melalui inovasi manajemen termal. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan investigasi pengaruh sifat fisis fluida kerja akibat perubahan daya terhadap kinerja termohidrolik, ketidakstabilan aliran (mode aliran, tipe osilasi, dan peta pola aliran) dan mekanisme fisik transisi pola aliran dua fase.

Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen pada *open loop passive containment cooling system* (OL-PCCS) dengan rasio geometri N_G skala rendah. *Loop* menggunakan pipa SS 201 berdiamater dalam 0,023 m dengan panjang total *loop* 3,24 m. Bidang pengamatan posisi vertikal menggunakan pipa *pyrex* dengan diameter dalam 0,023 m. Data akuisisi menggunakan casing NI cDAQ 9188, sensor temperatur menggunakan termokopel tipe K dengan perekaman modul arus NI 9214, sensor tekanan menggunakan *pressure transmitter* dengan perekaman modul tegangan NI 9203. Visualisasi pola aliran menggunakan foto makro dengan *image type* JPEG, RAW. Periode perekaman data temperatur, tekanan, dan foto makro dilakukan per detik. Kontrol daya pemanas menggunakan *regulator voltage* pada enam variasi, yaitu 880 W, 966 W, 1056 W, 1150 W, 1248 W, dan 1350 W. Untuk memvariasikan sifat fisis fluida kerja (densitas, viskositas dinamik, kalor spesifik, dan konduktivitas termal) dispersan nanopartikel *alumunium oxside* (Al_2O_3) berukuran 40 nm dicampur ke fluida dasar menggunakan *magnetic stirrer* dengan persentase berat 0,025 wt%, 0,05 wt%, dan 0,1 wt%. Data eksperimen dianalisis menggunakan korelasi yang diperoleh dari literatur, selanjutnya didukung dengan analisis statistik menggunakan *probability distribution function* (PDF), *power spectral density* (PSD), dan *wavelet transforms*.

Pengaruh daya pemanas dan sifat fisis fluida kerja terhadap kinerja termohidrolik, mode aliran, tipe osilasi, pola aliran, dan mekanisme fisik transisi pola aliran dua fase telah berhasil dilakukan. Penambahan dispersan nanopartikel memberikan dampak baik terhadap kinerja termohidrolik dan mampu menekan ketidakstabilan aliran. Mode aliran yang berhasil ditemukan antara lain, *geysering*, *compound flashing instability, boiling instability*, dan *stable boiling flow.* Tipe osilasi yang berhasil diidentifikasi antara lain, tipe osilasi *intermitten, sinusoidal*, dan tipe osilasi sirkulasi aliran stabil pada kondisi *subcooled boiling.* Peta pola aliran dua fase pada pipa vertikal untuk sirkulasi alami yang berkerja pada tekanan atmosfer juga telah berhasil dipetakan. Mekanisme fisik transisi pola aliran dua fase berdasarkan nilai tegangan geser dinding dan nilai tegangan geser antar muka juga telah diperoleh, serta nilai distribusi aliran dan *drift velocity* menggunakan dua korelasi pembanding

Kata kunci: *Open loop passive containment cooling system* (OL-PCCS), Al_2O_3, thermohidrolik, *Discrete wavelet transform,* Ketidakstabilan aliran, Mekanisme transisi aliran dua fase

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Inovasi Manajemen Termal Berdasarkan Kinerja Termohidrolik dan Mekanisme Transisi Aliran Dua Fase
Sirkulasi Alami Menggunakan Nanofluida Al2O3 pada Sistem Pendingin Pasif Nuklir
Dwi Yuliaji, Prof. Dr. Ir. Deendarlianto, S.T., M.Eng., Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA, IPM, ASEAN Eng., Prof. Dr. Ir. Mulya J
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

Natural circulation cooling systems have become an essential feature in the safety systems of Nuclear Power Plants (NPPs), continuously developed through innovations in thermal management. This study aims to investigate the effect of power variation on the thermophysical properties of the working fluid and its impact on thermohydraulic performance, flow instabilities (including flow regimes, oscillation types, and flow pattern maps), as well as the physical mechanisms governing two-phase flow pattern transitions.

The research was conducted by experimental method on open loop passive containment cooling system (OL-PCCS) with low scale N_G geometry ratio. The loop uses SS 201 pipe with an inner diameter of 0.023 m with a total loop length of 3.24 m. The vertical position observation plane uses a pyrex pipe with an inner diameter of 0.023 m. Data acquisition using NI cDAQ 9188 casing, temperature sensor using K type thermocouple with NI 9214 current module recording, pressure sensor using pressure transmitter with NI 9203 voltage module recording. Visualization of flow patterns using macro photos with image type JPEG, RAW. The recording period for temperature, pressure, and macro photos is per second. Heating power was controlled using a voltage regulator at six variations, namely 880 W, 966 W, 1056 W, 1150 W, 1248 W, and 1350 W. To vary the physical properties of the working fluid (density, dynamic viscosity, specific heat, and thermal conductivity) 40 nm aluminum oxide (Al_2O_3) nanoparticle dispersant was mixed into the base fluid using a magnetic stirrer with weight percentages of 0.025 wt%, 0.05 wt%, and 0.1 wt%. The experimental data were analyzed using correlations obtained from the literature, further supported by statistical analysis using probability distribution function (PDF), power spectral density (PSD), and wavelet transforms.

The effects of heating power and the thermophysical properties of the working fluid on thermal-hydraulic performance, flow regimes, oscillation types, flow patterns, and the physical mechanisms of two-phase flow-pattern transitions have been successfully classified. The addition of nanoparticle dispersants provides beneficial impacts on thermal-hydraulic performance and effectively suppresses flow instabilities. The identified flow regimes include geysering, compound flashing instability, boiling instability, and stable boiling flow. The observed oscillation types consist of intermittent oscillations, sinusoidal oscillations, and stable circulation-flow oscillations under subcooled boiling conditions. The two-phase flow-pattern map for vertical natural-circulation flow operating at atmospheric pressure has been successfully established. The physical mechanisms of two-phase flow-pattern transitions, governed by the dynamic variation of wall shear stress and interfacial shear, have also been clarified. In addition, the distribution parameter and drift velocity have been obtained using two comparative correlations.

Keywords: Open loop passive containment cooling system (OL-PCCS), Al_2O_3, thermohydraulic, Discrete wavelet transform, Flow instability, Mechanism of two-phase flow transition