

## INTISARI

Pemanfaatan energi nuklir adalah salah satu metode paling ekonomis untuk membangkitkan listrik dengan jejak karbon rendah. Pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN) dibagi menjadi dua jenis berdasarkan tipe reaktor, salah satunya adalah *pressurized water reactor* (PWR). Reaktor pembangkit tipe PWR memiliki dua sirkuit aliran di dalam pengoperasiannya, yakni sirkuit primer dan sekunder, di mana sirkuit primer adalah sirkuit dengan tekanan operasi yang tinggi. Pada skenario kecelakaan *loss-of-coolant-accident* (LOCA), diasumsi bahwa terjadi kebocoran pada sirkuit primer sehingga menyebabkan reaktor kehilangan tekanan. Karakteristik utama dari LOCA adalah terjadinya fenomena *countercurrent flow limitation* (CCFL) atau *onset of flooding* pada fluida pendingin yang dapat menyebabkan kegagalan pendinginan reaktor.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis fenomena *onset of flooding* pada sirkuit primer reaktor PWR. Penelitian dilakukan pada simulator sirkuit primer reaktor PWR geometri tipe Konvoi Jerman skala 1:30 dari *Upper Plenum Test Facility* (UPTF) dengan perbandingan L/D sama dengan 24 dan I/D sama dengan 3,9. Analisis fenomena *onset of flooding* dilakukan dengan menggunakan *high-speed camera* serta akuisisi sinyal pada sensor *parallel wire* dan tekanan.

Mekanisme *flooding* yang ditemukan dibagi menjadi tiga wilayah berdasarkan kecepatan superfisial cairan, yaitu: rendah, sedang, dan tinggi. Pada kecepatan superfisial cairan rendah, *onset of flooding* disebabkan oleh gelombang yang amplitudonya meningkat secara gradual hingga menyebabkan penyumbatan saluran. Di kecepatan superfisial menengah dan tinggi, *onset of flooding* disebabkan oleh penyumbatan saluran oleh peningkatan ketebalan film cairan dan antarmuka cairan – udara yang tidak stabil. Analisis sinyal pada sensor *parallel wire* dilakukan dengan empat metode analisis, yaitu: PDF (*probability density function*), PSD (*power spectral density*), *wavelet transform*, dan Entropi Kolmogorov. Kurva PDF memiliki kecenderungan untuk berpindah dari satu puncak menjadi banyak puncak

ketika terjadi CCFL. Pada kurva PSD, nilai amplitudo cenderung meningkat drastis dan berpindah ke frekuensi rendah saat CCFL terjadi. Dari analisis *wavelet transform* didapatkan bahwa seiring dengan kenaikan kecepatan superfisial cairan, nilai *local wavelet energi* (LWE) mengalami peningkatan. Entropi Kolmogorov memiliki kecenderungan untuk memiliki nilai yang lebih tinggi saat sebelum CCFL terjadi dibanding saat CCFL sudah terjadi.

Kata Kunci: PWR, *hot leg*, *parallel wire*, *void fraction*, PDF, PSD, *wavelet*, Kolmogorov.

## ABSTRACT

Nuclear power is one of the most economical ways to generate electrical power with a low carbon footprint. Nuclear power generators are classified into two according to their reactor type, one of those classes is a pressurized water reactor (PWR). A PWR-type reactor has two flow circuits in its operation, primary and secondary, where the former operates in high pressure. In a hypothetical scenario of loss-of-coolant-accident (LOCA), a primary circuit leakage is assumed and caused pressure loss in the main reactor. The main characteristic of LOCA is the existence of countercurrent flow limitation (CCFL) or the onset of flooding phenomenon in the coolant that may contribute to the failure of reactor cooling.

This research aims to analyze the phenomenon of onset of flooding in the primary circuit of PWRs. The research was conducted on a 1:30 scale PWR simulator based on the German Konvoi-type reactor of Upper Plenum Test Facility (UPTF) with an L/D ratio of 24 and an I/D ratio of 3.9. The onset of flooding analysis was conducted using a high-speed camera and signal acquisition on parallel wire sensors and pressure sensors.

Flooding mechanisms that were observed are divided into three regions based on their respective liquid superficial velocities, i.e.: low, medium, and high. At low liquid superficial velocities, the onsets of flooding are caused by a wave which amplitudes increased gradually to a point where it caused a liquid blockage. At higher liquid superficial velocities, onsets of flooding are caused by liquid blockage due to the increasing thickness of the liquid film and the instability of the liquid-air interface. Signal analysis of parallel wire sensors was done with four analysis methods, i.e.: PDF (probability density function), PSD (power spectral density), wavelet transform, and Kolmogorov entropy. The curves in PDF analysis have tendencies to move from one peak into multiple peaks when CCFL is reached. On PSD curves, peak amplitude levels tend to increase drastically, and peaks are more dominant on lower frequencies when CCFL is reached. From wavelet transform analysis, it was observed that local wavelet energy (LWE) tends to increase as liquid



UNIVERSITAS  
GADJAH MADA

**Studi Karakteristik CCFL (Countercurrent Flow Limitation) Udara & Gliserol**

**40% dengan Visualisasi dan Parallel Wire Signal Processing pada Geometri Hot leg PWR (Pressurized**

**Water Reactor) Skala 1:30 L/D 24 I/D 3,9**

JOSI ALDO EMMANUEL PRAMONO, Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA., IPM.

Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

superficial velocity increases. In Kolmogorov entropy analysis, it was found that entropy tends to have higher values before CCFL than after CCFL occurred.

Keywords: PWR, hot leg, parallel wire, void fraction, PDF, PSD, wavelet, Kolmogorov.