

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Reaktor nuklir membutuhkan suatu sistem pendingin yang sangat penting dalam aspek keselamatan pada saat pengoperasian reaktor. Pada umumnya suatu reaktor menggunakan air ( $H_2O$ ) sebagai fluida pendingin. Namun, belakangan ini nanofluida menjadi populer karena banyak peneliti yang ingin memanfaatkan keunggulan dari nanofluida dalam berbagai sistem pendingin terutama sebagai sistem pendingin reaktor nuklir [1].

Nanofluida merupakan fluida yang mengandung nanopartikel di dalamnya. Dalam berbagai aplikasi yang menyangkut transfer panas, nanofluida memiliki kemampuan perpindahan panas yang lebih tinggi dibandingkan dengan air biasa. Hal ini tentu sangat menguntungkan apabila nanofluida diaplikasikan sebagai pendingin reaktor karena dapat menyerap dan memindahkan kalor lebih baik.

Yimin Xuan dan Qiang Li menggunakan metode *hot-wire* dalam penelitian pengukuran konduktivitas termal nanofluida *Cu-transformer oil* dan nanofluida Cu-air. Diameter partikel Cu (Copper) yang digunakan sebesar 100 nm. Penelitian tersebut menunjukkan nilai konduktivitas termal nanofluida akan naik jika fraksi volume nanopartikel semakin besar. Untuk nanofluida Cu-air, rasio konduktivitas termal nanofluida terhadap fluida dasar meningkat dari 1,24 ke 1,78 pada saat fraksi volume meningkat dari 2,5% ke 7,5%. Sedangkan untuk nanofluida *Cu-transformer oil*, rasio konduktivitas termal nanofluida terhadap fluida dasar meningkat dari 1,13 ke 1,44 seiring dengan kenaikan fraksi volume dari 2,5% ke 7,5% [2].

Manca et al. melakukan penelitian studi numerik investigasi karakteristik perpindahan panas secara konveksi menggunakan nanofluida air- $Al_2O_3$  di dalam tabung melingkar. Dalam penelitian tersebut, seksi uji yang digunakan berupa tabung melingkar yang dilengkapi dengan pemanas pada dinding tabung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa koefisien perpindahan panas meningkat jika laju

aliran nanofluida meningkat. Koefisien perpindahan panas juga meningkat pada saat menggunakan konsentrasi nanopartikel yang lebih tinggi [3].

Weerapun Duangthongsuk dan Somchai Wongwises telah melakukan eksperimen mengenai performansi perpindahan panas konveksi dan karakteristik aliran nanofluida air-TiO<sub>2</sub> pada *horizontal double tube counter flow heat exchanger*. Eksperimen tersebut menggunakan aliran turbulen. Hasil eksperimen mengindikasikan bahwa koefisien perpindahan panas meningkat seiring dengan peningkatan bilangan Reynold [4].

Tidak semua jenis nanofluida yang bisa diterapkan untuk sistem pendinginan reaktor nuklir. Berdasarkan penelitian Jacopo Buongiorno dan Lin-wen Hu, salah satu syarat nanofluida yang dapat digunakan pada sistem pendingin reaktor nuklir yaitu memiliki kemampuan penyerapan neutron yang rendah dan waktu paruh yang pendek agar tidak mengganggu reaksi fisi yang terjadi pada reaktor [5]. Saat ini penelitian mengenai sistem pendingin reaktor nuklir hanya menggunakan nanofluida Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan ZrO<sub>2</sub> karena kedua material tersebut diketahui memiliki kemampuan penyerapan neutron yang rendah dan waktu paruh yang pendek sehingga sesuai untuk diaplikasikan sebagai fluida pendingin reaktor. Namun Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan ZrO<sub>2</sub> masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> memiliki waktu paruh yang lebih pendek dari ZrO<sub>2</sub>, namun kemampuan penyerapan neutron Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan ZrO<sub>2</sub>.

Beberapa penelitian mengenai analisis perpindahan panas dan studi eksperimental pemanfaatan nanofluida sebagai sistem pendingin reaktor telah banyak dilakukan. Penelitian tersebut menghasilkan persamaan korelasi untuk setiap parameter perpindahan panas konveksi yang dianalisis. Korelasi yang dihasilkan berbeda-beda untuk setiap penelitian yang dilakukan bergantung pada jenis nanofluida dan geometri susunan pipa pemanas yang digunakan. Penelitian-penelitian tersebut menggunakan nanofluida air-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan air-ZrO<sub>2</sub> yang diaplikasikan pada pipa pemanas yang disusun segiempat dan segitiga. Reaktor nuklir yang terdapat di BATAN Bandung, menggunakan susunan bahan bakar yang menyerupai segienam. Oleh karena itu, penelitian mengenai perpindahan panas nanofluida yang dimodelkan dengan susunan pipa pemanas (sub-buluh) segienam perlu dilakukan

sebelum nanofluida diaplikasikan sebagai pendingin reaktor. Penelitian mengenai analisis perpindahan panas nanofluida sebagai fluida pendingin reaktor menggunakan alat uji dengan susunan sub-buluh segienam telah dilakukan, namun penelitian tersebut menggunakan nanofluida air-ZrO<sub>2</sub>. Jadi penelitian tentang analisis perpindahan panas pada sub-buluh segienam konveksi paksa dengan nanofluida air-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebagai fluida pendingin reaktor menjadi dasar penelitian pada tugas akhir kali ini.

Nanofluida akan diterapkan dalam PLTN (Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir) dimasa mendatang, terutama sebagai pendingin primer reaktor pada PWR (*Pressurized Water Reactor*), pendingin pada instalasi sistem pendingin teras darurat atau ECCS (*Emergency Core Cooling System*) atau sistem pendingin teras darurat untuk reaktor PWR maupun BWR (*Boiling Water Reactor*) dan pendingin pada kondisi kecelakaan parah pada reaktor LWR (*Light Water Reactor*) dengan densitas daya tinggi [6].

Penggunaan sub-buluh vertikal segienam didasari oleh susunan bahan bakar dan bentuk teras reaktor pada reaktor yang terdapat di reaktor TRIGA Bandung. Jika reaktor dirancang menggunakan susunan bahan bakar berbentuk segienam, maka teras reaktor dapat berbentuk lingkaran. Jika teras reaktor berbentuk lingkaran, maka fluks neutron atau daya reaktor akan berbentuk simetris lingkaran. Hal ini akan sulit diwujudkan jika susunan bahan bakar disusun segiempat ataupun geometri lainnya karena fluks neutron yang dihasilkan tidak berbentuk simetris lingkaran. Oleh karena itu penelitian ini menggunakan sub-buluh yang disusun segienam agar rancangan perangkat uji dapat menyerupai reaktor aslinya.

Pemanfaatan nanofluida sebagai pendingin reaktor membutuhkan suatu pengkajian. Selain dari segi dimensi, ukuran dan jenis aliran yang akan digunakan juga akan berpengaruh dalam proses perpindahan panas. Oleh karena itu analisis mengenai perpindahan panas pada sub-buluh vertikal menggunakan nanofluida perlu dilakukan sebelum diterapkan ke reaktor nuklir. Perhitungan laju aliran yang digunakan, pengukuran temperatur bahan bakar reaktor, dan konsentrasi nanopartikel yang diberikan dalam nanofluida akan menentukan nilai koefisien perpindahan panas yang dihasilkan [7]. Penelitian ini diharapkan dapat

menghasilkan persamaan-persamaan korelasi empirik untuk memperoleh nilai koefisien perpindahan panas di sekitar sub-buluh.

### **1.2. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana pengaruh koefisien perpindahan panas terhadap posisi pengukuran dan laju alir yang diberikan?
2. Bagaimanakah perbandingan nilai koefisien perpindahan panas pada air dan nilai koefisien perpindahan panas pada nanofluida air- $\text{Al}_2\text{O}_3$ ?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui jenis aliran dari bilangan Reynold dan Grashof pada konveksi paksa atau alami
2. Mengetahui persamaan korelasi empiris perpindahan panas konveksi pada sub-buluh vertikal segienam dengan air- $\text{Al}_2\text{O}_3$  sebagai fluida kerja
3. Mendapatkan koefisien perpindahan panas maksimum yang dihasilkan untuk setiap daya input pemanas
4. Mengetahui perbandingan nilai koefisien perpindahan panas pada air dan nilai koefisien perpindahan panas pada nanofluida air- $\text{Al}_2\text{O}_3$  berdasarkan korelasi empiris yang didapat.

### **1.4. Batasan Masalah**

Analisis perpindahan panas pada sub-buluh vertikal dilakukan dengan memanfaatkan fluida kerja air- $\text{Al}_2\text{O}_3$  dengan 0,05% berat dan menggunakan model sub-buluh vertikal yang disusun dari tujuh pipa pemanas membentuk segienam. Setiap pipa pemanas mendapatkan input daya yang sama. Percobaan dilakukan dengan memvariasikan daya input dari 200 W, 300 W, 400 W, 500 W, dan 600 W. Laju aliran yang digunakan pada percobaan adalah 6 liter/menit, 10 liter/menit, dan 12 liter/menit. Pengambilan data temperatur fluida dan dinding pipa pemanas hanya difokuskan pada bagian sub-buluh yang terdiri dari satu pipa pemanas yang terletak di pusat segienam dan dua pipa pemanas lainnya. Data temperatur fluida dan dinding pemanas diambil pada tujuh titik pengukuran. Aliran dan alat uji yang

digunakan telah dirancang untuk model konveksi paksa sehingga penelitian ini hanya mengkaji perpindahan panas secara konveksi paksa.

### **1.5. Sistematika Penulisan**

BAB I membahas tentang latar belakang penelitian, tujuan penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, dan sistematika penulisan laporan.

BAB II membahas tentang dasar teori nanopartikel dan nanofluida, perpindahan panas konveksi, klasifikasi jenis aliran konveksi berdasarkan perhitungan bilangan Richardson, dan teori perhitungan koefisien perpindahan panas.

BAB III menjelaskan tentang perangkat uji yang digunakan, metode pelaksanaan eksperimen, dan langkah pengambilan dan analisis data.

BAB IV berisi tentang penjelasan terhadap analisis yang didapat.

BAB V memuat kesimpulan mengenai penelitian yang dilakukan, serta saran-saran untuk pengembangan di penelitian berikutnya.