BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dengan memperhatikan keterbatasan sumber energi konvensional, Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) merupakan salah satu alternatif yang dapat dipertimbangkan untuk memenuhi kebutuhan listrik [1]. Dalam pengembangan PLTN, perlu diperhatikan modal sosial yang dimiliki oleh masyarakat dimana PLTN berada. Namun penelitian mengenai persepsi masyarakat tentang pembangkit listrik tenaga nuklir yang dilakukan oleh Suroyo.D[2] dari Universitas Diponegoro Semarang menandakan bahwa instalasi atau industri nuklir seperti PLTN masih menyebabkan pro-kontra dan keragu-raguan, sehingga tidak bisa diterima oleh masyarakat. Ini karena masyarakat masih khawatir bahaya potensial radiasi dan limbah yang dihasilkan oleh industri nuklir sangatlah besar, selain faktor non teknis seperti investasi tinggi, juga berbahaya. Salah satunya adalah kejadian kecelakaan PLTN yang menyebabkan terlepasnya radiasi ke lingkungan.

Salah satu kecelakaan nuklir yang pernah terjadi adalah kecelakaan nuklir PLTN Fukushima Daiichi di Jepang pada 2011. Berawal dari peringatan terjadinya gempa, seluruh unit reaktor dimatikan karena prosedur keselamatan. Saat reaktor telah mati seluruhnya, masih terdapat sisa kalor dari reaktor yang harus didinginkan agar tidak terjadi pelelehan teras reaktor. Saat gempa sebesar 9,0 SR terjadi, seluruh listrik menjadi padam yang mengakibatkan pompa mati dan aliran pendingin berhenti. Generator langsung dihidupkan sebagai sumber daya cadangan untuk menghidupkan pompa agar aliran pendingin bisa kembali bekerja. Karena jika lebih dari 30 menit pompa tidak aktif akan menyebabkan turunnya tinggi air hinnga 4,5 m dari atas tabung reaktor dan akan terjadi peningkatan temperatur inti reaktor, peningkatan tekanan dalam bejana, air pendingin akan menguap dan terus berkurang, dan akhirnya bejana meleleh. Namun, tsunami sampai ke gedung

reaktor dan merendam generator mengakibatkan seluruh sistem kontrol mati. Inilah kelemahan terbesar untuk sistem pendingin aktif, saat listrik mati dan tidak adanya daya cadangan akan menyebabkan pompa mati dan seluruh sistem pendingin mati [3–5].

Berdasarkan kecelakaan tersebut diperlukan suatu sistem keselamatan yang akan dapat mencegah reaktor mengalami kecelakaan berupa kegagalan pengoperasian dan antisipasi kecelakaan karena tidak bekerjanya sistem pendingin aktif. Sistem keselamatan yang saat ini menjadi topik penelitian penting di bidang teknologi keselamatan reaktor nuklir adalah penggunaan sistem pendingin pasif (*passive cooling system*), dimana sistem pendingin bekerja berdasarkan sirkulasi alamiah tanpa bantuan dari energi luar (*natural circulation*). Pengembangan teknologi sistem pendingin pasif sangat dibutuhkan untuk membantu proses pendinginan reaktor yang mengalami kalor berlebihan karena sisa kalor peluruhan (*decay heat)* yang terjadi ketika sistem pendingin aktif (pompa) mati. Penggunaan sistem pendingin pasif akan meningkatkan keselamatan PLTN dan mencegah terjadinya kecelakaan parah (*severe accident*) yang menyebabkan teras (*core*) reaktor dapat meleleh. Jika terjadi pelelehan teras dan merusak integritas bejana reaktor, maka akan terjadi radiasi ke lingkungan.

Beberapa penelitian mengenai *natural circulation* dan *passive cooling system* sudah banyak dilakukan, seperti Pal *et al.* [6] mengenai simulasi CFD untuk mempelajari distribusi temperatur dan distribusi aliran moderator di dalam tangki besar tempat moderator *Canada Deuterium Uranium* (CANDU) yang disebut Calandria. Selanjutnya penelitian yang dilakukan Park *et al.* [7] menjelaskan peningkatan temperatur injeksi cairan pendingin dan level air di rongga reaktor menyebabkan peningkatan laju aliran massa sirkulasi cairan pendingin, yang mengakibatkan peningkatan CHF pada dinding bejana reaktor luar. CHF merupakan faktor penting keberhasilan dari IVR-ERVC. Selanjutnya, penelitian yang dilakukan oleh Zhang *et al.* [8] menjelaskan bahwa kapasitas pendinginan sirkulasi alami yang diwakili oleh kecepatan aliran sirkulasi alami rata-rata di teras, dihitung dari perbedaan temperatur antara temperatur keluaran dan temperatur masuk inti. Zhang [8] menyimpulkan jika kecepatan aliran sirkulasi alami di inti meningkat secara non-linier dengan daya termal.

Pusat Riset dan Teknologi Reaktor, Keselamatan dan Keamanan Nuklir

(PRTRKKN) adalah salah satu institusi yang melakukan penelitian mengenai sistem pendingin pasif di Indonesia. Dimana, PRTRKKN adalah salah satu Organisasi Riset Tenaga Nuklir (ORTEN) di bawah Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) yang mempunyai tugas untuk meneliti dan mengembangkan teknologi reaktor nuklir untuk meningkatkan performa keselamatannya. Perubahan BATAN menjadi ORTEN BRIN berlaku semenjak 1 September 2021. Kemudian, salah satu fasilitas penelitian yang terdapat di Laboratorium Termohidrolika Eksperimental PRTRKKN adalah Untai Uji FASSIP–02 yang bekerja menggunakan prinsip sirkulasi alamiah dalam pengoperasiannya. Dimana proses terjadinya aliran sirkulasi dalam perpipaan terjadi tanpa menggunakan gaya eksternal, seperti pompa [9,10]. Untai Uji FASSIP-02 terdiri dari berbagai komponen yaitu *Water Heater Tank* (WHT) sebagai tangki pemanas, *Water Cooling Tank* (WCT) sebagai tangki pendingin dengan kapasitas air pendingin 8 hingga 10 ton, dan Sistem Pemipaan yang terdiri dari kaki panas (*hot leg*) dan kaki dingin (*cold leg*). Sistem pemanas di dalam WHT terdiri dari 4 *heater* (dengan 5 kW pada masing masing *heater*) yang memiliki daya total 20 kW. *Heater* akan memberikan energi kalor terhadap air yang akan mengalami peningkatan temperatur sehingga air mengalami penurunan densitas. Karena adanya gaya apung akibat penurunan densitas yang terjadi pada air, sehingga air dapat naik menuju WHT. Kemudian, pada WHT air mengalami pendinginan dan mengalami perubahan densitas kembali menjadi lebih tinggi. Dengan densitas yang lebih tinggi, air mengalir kembali ke bawah menuju ke WCT sebagai akibat dari gaya gravitasi sehingga terjadilah siklus aliran alamiah tanpa menggunakan pompa.

Proses terjadinya aliran sirkulasi alamiah pada Untai Uji FASSIP-02 selama eksperimen berlangsung, melibatkan keseimbangan energi antara WHT dan WCT dan setiap perubahan energi internal pada kedua komponen tersebut perlu dijadikan perhatian penting. Maka dari itu, kegiatan penelitian ini bertujuan untuk memperoleh karakteristik perubahan termperatur dan hasil perhitungan perubahan keseimbangan energi internal air dalam WHT Untai Uji FASSIP-02 pada kondisi tunak.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian dilakukan untuk memperoleh:

1. Karakteristik perubahan temperatur di bagian WHT Untai Uji FASSIP-02 pada saat kondisi tunak berdasarkan variasi *pengaturan* temperatur air dalam WHT.
2. Hasil perhitungan dan analisis perubahan keseimbangan energi dalam WHT berdasarkan variasi *pengaturan* temperatur air Untai Uji FASSIP-02 selama kondisi tunak.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian yaitu mengetahui batasan pengoperasian eksperimen Untai Uji FASSIP-02 dan sebagai data awal dalam penentuan analisis menyeluruh pada penelitian sistem pendingin pasif di PRTRKKN ORTEN BRIN.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Batas temperatur tunak air diatur pada temperatur 40ºC, 50ºC, dan 60ºC.
2. Air yang digunakan pada keseluruhan eksperimen berasal dari air PAM.
3. Pengambilan data temperatur air dilakukan selama 5 jam terhitung setelah mencapai kondisi tunak berdasarkan variasi temperatur air yang telah ditentukan.
4. Analisa dilakukan terhadap laju aliran fluida, energi internal, energi masuk yang berasal dari pemanas yang memiliki daya total sebesar 20 kW, dan energi kalor yang terbuang.

1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan proposal skripsi ini terdiri dari lima bab yang akan di jelaskan secara bertahap mengenai keseluruhan isi proposal skripsi yaitu, BAB I PENDAHULUAN. Bab ini merupakan pendahuluan dari penulisan yang berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan. BAB II TINJAUAN PUSTAKA. Bab ini berisi tentang sistem pendingin pasif, sirkulasi alamiah, tangki *boiler*, persamaan

perpindahan kalor, daya pada pemanas *heater*, debit air, laju aliran massa, *heat loss*, perpindahan kalor konveksi. BAB III TATA KERJA DAN METODOLOGI PENELITIAN. Bab ini berisi tentang waktu dan tempat penelitian, bahan dan alat, desain alat Untai Uji FASSIP-02 dan gambar *water heating tank*, data geometri Untai Uji FASSIP-02, *set-up* eksperimen, metode eksperimen beserta analisis, *flowchart*, dan metode eksperimen. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN. Pada bab ini menjelaskan hasil dan bahasan selama penelitian berlangsung. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN. Pada bab ini berisi tentang kesimpulan berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan dan saran untuk menunjang penelitian selanjutnya

UNIVERSITAS ANDALAS
UNTUK KEDJAJAAN BANGSA