

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Tidak dipungkiri bahwa seiring dengan berkembangnya zaman, energi listrik menjadi suatu aspek yang menjadi kebutuhan utama dalam keberlangsungan hidup manusia. Bagaimana tidak, hampir seluruh aktivitas manusia mengandalkan ketersediaan energi listrik.

Kecenderungan penelitian dan pengembangan energi dewasa ini tertuju pada pemanfaatan energi yang berasal dari Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) yang dianggap sebagai salah satu alternatif penghasil energi yang menjanjikan mengingat ketersediaan bahan bakar organik yang sangat terbatas. Berbagai negara dibelahan dunia mengalihkan perhatian pada pemanfaatan reaktor nuklir sebagai penghasil energi. Dalam hal pembangkitan listrik, PLTN memiliki prinsip yang sama dengan pembangkit listrik lain misalnya Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Dengan membangkitkan uap pada tekanan dan temperatur yang tinggi, uap yang dihasilkan disalurkan ke turbin untuk membangkitkan listrik. Yang berbeda dari kedua tipe pembangkit listrik ini adalah mesin pembangkit uapnya, PLTU menggunakan mesin berupa ketel uap sedangkan PLTN berupa reaktor nuklir.

Dengan diakuinya energi nuklir sebagai solusi dalam memenuhi kebutuhan energi, konsep reaktor temperatur tinggi (*Hight Temperature Reactor*, HTR) menjadi salah satu objek yang paling diminati oleh para ahli fisika reaktor. HTR

merupakan salah satu jenis reaktor Generasi IV yang mengutamakan keamanan dan keandalan (*safety and reliability*). Aspek keselamatan menjadi satu kajian yang sangat penting dalam bidang fisika reaktor. Hal ini karena keselamatan menjadi faktor yang paling diperhitungkan dalam kelayakan operasi dari reaktor nuklir. Banyak parameter-parameter yang mempengaruhi tingkat keselamatan dari suatu reaktor nuklir. Salah satunya dalam aspek neutronika reaktor adalah faktor multiplikasi neutron yang sekaligus berkaitan erat dengan koefisien reaktivitas teras reaktor.

Reaktivitas menyatakan perubahan faktor multiplikasi teras reaktor atau dapat pula didefinisikan sebagai perubahan populasi neutron dalam satu siklus per populasi neutron pada akhir siklus (Tukiran, 2007). Reaktivitas di dalam teras reaktor bisa terjadi akibat adanya perubahan sifat fisis seperti perubahan temperatur bahan bakar dan temperatur moderator. Besaran yang digunakan untuk mengukur perubahan reaktivitas ini disebut koefisien reaktivitas. Koefisien reaktivitas memainkan peranan yang sangat penting dalam pengoperasian reaktor nuklir. Koefisien reaktivitas negatif menjadi ukuran yang diharapkan karena akan membuat kondisi reaktor stabil sedangkan koefisien reaktivitas positif membuat reaktor tidak stabil (Zuhair [1], 2013).

Sebelumnya sudah banyak dilakukan perhitungan koefisien reaktivitas temperatur untuk berbagai tipe reaktor berbahan bakar *pebble* dengan hasil yang cukup baik. Namun perhitungan koefisien reaktivitas temperatur reaktor yang dengan bahan bakar tipe *wallpaper* masih belum banyak dilakukan. Pada tahun 2009 Alain Marmier dkk melakukan penelitian terkait dengan pemanfaatan bahan

bakar tipe *wallpaper* untuk menghitung parameter reaktor PBMR baik dalam aspek neutronika maupun termohidraulika. perhitungan kemudian dibandingkan dengan bahan bakar *pebble* tipe klasik PBMR. Dengan hasil yang cukup baik khususnya pada aspek reaktivitas dimana reaktor mengalami penurunan reaktivitas teras seiring dengan bertambahnya temperatur. Berdasarkan latar belakang ini penulis memilih melakukan studi pemodelan neutronik teras reaktor *pebble bed* berbahan bakar tipe *wallpaper* untuk menghitung koefisien reaktivitas temperatur reaktor sebagai tugas akhir.

Bahan bakar tipe *wallpaper* sendiri pada awalnya dikembangkan oleh Teuchert dan Rutten pada tahun 1970 dengan memberikan modifikasi yang baru dari bahan bakar *pebble*, dimana lokasi distribusi partikel TRISO di dalam kulit bola hanya tersebar di bagian permukaan dalam *pebble*. Pendekatan ini digunakan untuk menghindari posisi partikel bahan bakar di bagian tengah *pebble* sebagai zona temperatur tertinggi (Marmier, 2012).

Berdasarkan uraian diatas, maka penelitian ini dilakukan untuk menghitung koefisien reaktivitas temperatur *small pebble bed reactor* berbahan bakar tipe *wallpaper* menggunakan program transport Monte Carlo MCNPX 2.6.0". Reaktor *pebble bed* yang diseleksi dalam penelitian adalah HTR-10 yang dioperasikan oleh Universitas Tsinghua, Beijing, China. HTR-10 dipilih berdasarkan karakteristiknya yang hampir sama dengan Reaktor Daya Eksperimental (RDE) yang saat ini sedang dikembangkan oleh Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN). Hasil yang baik diharapkan sebagai upaya memberikan kontribusi berupa opsi penggunaan bahan bakar tipe *wallpaper* kepada pihak BATAN.

## 1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah diuraikan di atas maka dapat dirumuskan permasalahan yang ingin diselesaikan dalam penelitian ini:

1. Bagaimana memodelkan desain neutronik *small pebble bed reactor* HTR-10 berbahan bakar tipe *wallpaper* dengan *software* MCNPX 2.6.0?
2. Bagaimana mendapatkan nilai neutronik faktor multiplikasi reaktor dan koefisien reaktivitas temperatur *small pebble bed reactor* HTR-10 dengan *software* MCNPX 2.6.0?
3. Bagaimana pengaruh koefisien reaktivitas temperatur terhadap kestabilan operasi reaktor nuklir?

## 1.3. Pembatasan Masalah

Tugas akhir ini berbentuk simulasi yang akan difokuskan pada bahasan aspek neutronik teras yang mencakup perhitungan kritikalitas dan koefisien reaktivitas temperatur bahan bakar dan moderator serta kombinasi bahan bakar dan moderator di dalam teras *small pebble bed reactor* HTR-10 berbahan bakar *wallpaper*.

## 1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini mempunyai tujuan sebagai berikut :

1. Mempelajari desain neutronik *small pebble bed reactor* HTR-10 berbahan bakar tipe *wallpaper* dengan *software* MCNPX 2.6.0.
2. Menghitung parameter neutronik teras reaktor faktor multiplikasi reaktor dan koefisien reaktivitas temperatur bahan bakar dan moderator pada berbagai temperatur dengan variasi fraksi *packing* partikel.

3. Menginvestigasi dan menganalisis hasil perhitungan koefisien reaktivitas temperatur bahan bakar dan moderator teras *small pebble bed reactor* HTR-10.

### 1.5. Metode Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini digunakan dua metode pengumpulan data, yaitu:

1. Studi literatur, yaitu metode pengumpulan data yang merupakan langkah awal dari penelitian dengan mengakumulasi informasi materi yang berhubungan dengan penelitian. Beberapa jurnal, buku, tesis dan karya tulis ilmiah lain digunakan sebagai referensi.
2. Pemodelan komputasi menggunakan program transport Monte Carlo MCNPX 2.6.0 yang dikembangkan oleh Los Alamos National Laboratory (LANL) untuk melakukan perhitungan faktor multiplikasi teras reaktor. Hasil perhitungan diolah dalam bentuk grafik dengan software Origin Pro 8 untuk dianalisis. *Software* Visual Editor (Vised) versi X22S digunakan untuk mendapatkan desain atau model neutronik reaktor *pebble bed* yang meliputi partikel berlapis TRISO, bahan bakar tipe *wallpaper* dan teras reaktor HTR-10 secara keseluruhan. Data-data inputan disesuaikan dengan data dari reaktor *pebble bed* HTR-10.

### 1.6. Sistematika Penulisan

Pembahasan Pokok dari penelitian ini untuk setiap bab diuraikan secara singkat.

BAB I      Pendahuluan berisi deskripsi latar belakang yang menunjang perhitungan parameter-parameter neutronik *small pebble bed reactor* HTR-10 berbahan bakar tipe *wallpaper*, rumusan

masalah, tujuan, metode pengumpulan data dan sistematika penulisan.

- BAB II Tinjauan Pustaka berisi tentang karakteristik dan deskripsi reaktor *pebble bed* HTR-10, konsep bahan bakar tipe *wallpaper* serta teori penunjang yang berhubungan dengan penelitian.
- BAB III Metode Penelitian berisi proses penelitian secara lengkap, perhitungan parameter neutronik seperti faktor multiplikasi reaktor dan koefisien reaktivitas temperatur teras reaktor menggunakan program transport Monte Carlo MCNPX 2.6.0.
- BAB IV Hasil dan Pembahasan berisi hasil perhitungan parameter neutronik faktor multiplikasi reaktor dan koefisien reaktivitas temperatur bahan bakar dan moderator dengan program transport Monte Carlo MCNPX 2.6.0.
- BAB V Penutup berisi kesimpulan hasil penelitian dan saran untuk pengembangan selanjutnya.