

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi nuklir merupakan sebuah teknologi unggul dengan memanfaatkan bahan bakar dengan jumlah yang sedikit dan menghasilkan energi lebih besar yang menjadi harapan baru energi masa depan. Pemanfaatan reaksi nuklir sebagai sumber energi telah dilakukan sejak perang dunia II untuk pengoperasian kapal selam. Pada tahun 1957 energi nuklir digunakan sebagai pembangkit listrik di Chicago. Saat ini perkembangan pembangkit listrik tenaga nuklir sudah memasuki generasi keempat. Reaktor Generasi IV merupakan reaktor yang dibangun berdasarkan perbaikan dan evaluasi pengembangan dari reaktor generasi sebelumnya. Beberapa aspek yang ditingkatkan pada Reaktor Generasi IV seperti kepastian ketersediaan bahan bakar dalam jangka waktu yang panjang, peningkatan efisiensi biaya pembangkit listrik, dan peningkatan aspek keselamatan. Reaktor Generasi IV yang sedang dikembangkan dapat memenuhi kondisi tangkapan neutron cepat, oleh karena itu tipe reaktor yang dikembangkan pada Generasi IV adalah reaktor cepat (Anggoro dkk, 2013).

Salah satu jenis reaktor Generasi IV yang sedang dikembangkan oleh peneliti adalah *Gas Cooled Fast Reactor* (GCFR). GCFR dicanangkan akan dioperasikan pada tahun 2030. Keunggulan reaktor ini terletak pada penggunaan pendingin berupa gas. Gas yang biasa digunakan untuk GCFR yaitu helium (He). Keunggulan helium sebagai pendingin yaitu helium dapat beroperasi pada suhu

tinggi mencapai 850°C dan tidak bereaksi dengan elemen lain. GCFR dapat menggunakan bahan bakar bekas, yaitu bahan bakar yang telah diiradiasi sebelumnya sehingga mengurangi risiko pembiakan bahan bakar untuk senjata nuklir. Selain itu GCFR juga memiliki kemampuan untuk memproses limbah pembuangan nuklir dari hasil bahan bakar bekas tanpa biaya tambahan dengan menggunakannya sebagai bahan bakar. GCFR juga dapat menggunakan uranium alam tanpa pengkayaan sebagai bahan bakar. Rancangan GCFR memiliki sistem sirkulasi dari *Decay Heat Removal* (DHR) yang bertujuan menjaga ketahanan suhu reaktor (GIF, 2017).

Perancangan sebuah reaktor memerlukan 3 tahapan analisis yaitu analisis neutronik, analisis termalhidrolik dan analisis keselamatan. Analisis termalhidrolik berkaitan dengan keadaan termal reaktor. Analisis keselamatan berkaitan dengan sistem keamanan pada reaktor. Analisis neutronik membahas tentang perilaku neutronik selama reaktor beroperasi dengan menggunakan parameter-parameter neutronik.

Pembahasan mengenai analisis neutronik dilakukan dengan menganalisis parameter-parameter neutronik. Salah satu Parameter neutronik yang sangat penting adalah faktor multiplikasi. Faktor multiplikasi merupakan faktor perbandingan jumlah neutron dari satu generasi ke generasi berikutnya yang menunjukkan kekritisan reaktor atau reaktivitas teras reaktor. Analisis neutronik juga berkaitan dengan analisis *burnup*, yaitu perubahan densitas bahan bakar di dalam teras reaktor.

Penggunaan bahan bakar uranium alam tanpa pengkayaan memerlukan strategi khusus pada pembakaran (*burnup*). Ada dua strategi yang telah dikembangkan yaitu strategi CANDLE (*Constant Axial Shape of Neutron Flux Nuclide Densities and Power Shape During Life of Energy Producing Reactor*) dan *shuffling* bahan bakar arah radial. Strategi *burnup* ini dilakukan agar bahan bakar fertil dapat menjadi bahan bakar fisil dalam teras reaktor selama periode *burnup*. Kedua strategi ini membagi bahan bakar pada beberapa region, perbedaan region menunjukkan lama bahan bakar melalui proses *burnup*. Masing-masing region tersusun dari bahan bakar dengan densitas neutron yang lebih rendah sampai bahan bakar dengan densitas neutron yang lebih besar (Sekimoto dkk, 2001). Bahan bakar akan dipindahkan dari region awal ke region selanjutnya agar didapatkan distribusi neutron yang merata. Metode CANDLE membagi penempatan *region* bahan bakar secara aksial sedangkan *shuffling* arah radial bahan bakar dibagi menurut secara radial. Strategi *burnup* merupakan salah satu solusi agar reaktor dapat beroperasi menggunakan bahan bakar uranium alam tanpa pengkayaan dan limbah bahan bakar nuklir.

Strategi *burnup* yang digunakan pada penelitian ini yaitu variasi strategi *shuffling* arah radial. Pada strategi *shuffling* arah radial, bahan bakar akan disusun ke dalam 10 region. Masing-masing region diisi dengan konten bahan bakar dengan perbedaan densitas berdasarkan lama bahan bakar melalui proses *burnup*. Region 1 diisi dengan uranium alam, region 2 hingga region 10 diisi dengan bahan bakar yang telah di *burnup* terlebih dahulu. Uranium alam terdiri dari 99,3% ^{235}U yang bersifat fisil dan 0,7% ^{238}U yang bersifat fertil. Selama

proses *burnup*, ^{238}U melalui tangkapan neutron termal akan menghasilkan ^{239}Pu yang bersifat fertil.

Su'ud dkk (2015) menggunakan desain Pb-Bi *Cooled Fast reactor* dengan *input* bahan bakar uranium alam menerapkan strategi *shuffling* arah radial. Pada penelitian ini didapatkan nilai faktor multiplikasi efektif yang naik secara monoton selama 10 tahun reaktor beroperasi. Pada 15 tahun pertama, level *burnup* berlangsung lambat lalu mengalami peningkatan yang cepat pada akhir periode *burnup*. Pola ini berbeda dengan kasus modifikasi reaktor menggunakan CANDLE yang baru mengalami peningkatan level *burnup* pada setengah periode *burnup*.

Rida (2007) melakukan studi desain Pb-Bi *Cooled Fast Reactor* dengan strategi *shuffling* arah radial dengan periode *refueling* 15 tahun menyimpulkan bahwa reaktor yang dirancang dapat beroperasi selama 90 tahun. Irka dkk (2015) meneliti mengenai analisis *burnup* pada reaktor cepat berpendingin gas menggunakan bahan bakar uranium alam. Hasil dari penelitiannya yaitu modifikasi *burnup* bahan bakar dengan strategi *shuffling* arah radial memungkinkan reaktor beroperasi menggunakan uranium alam tanpa pengayaan dengan mendapatkan nilai faktor multiplikasi efektif (k_{eff}) lebih dari 1 sehingga reaktor berada dalam keadaan kritis dan dapat dioperasikan.

Perhitungan pada analisis neutronik melibatkan variabel yang banyak dan deret yang panjang. Oleh karena itu diperlukan perhitungan menggunakan kode komputasi. Kode komputasi analisis neutronik yang digunakan adalah kode SRAC (*Standard Thermal Reactor Analysis Code System*). SRAC mulai

dikembangkan pada tahun 1978 oleh JAEA (*Japan Atomic Energy Agency*). Sistem SRAC mencakup perhitungan produksi penampang lintang grup mikroskopik dan makroskopik yang efektif serta analisis *burnup* (Okumura dkk, 2007).

1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh berbagai variasi strategi *shuffling* bahan bakar arah radial pada desain GCFR terhadap kinerja neutronik. Dari penelitian ini diharapkan diperoleh metode *shuffling* arah radial yang efektif pada rancangan teras GCFR.

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan tujuan penelitian, maka analisis neutronik dilakukan berdasarkan perhitungan, faktor multiplikasi efektif neutron dan densitas bahan bakar pada teras GCFR menggunakan 4 variasi strategi *shuffling* arah radial dengan 10 region bahan bakar. Penelitian ini dilakukan dengan simulasi komputasi menggunakan kode SRAC.