

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia termasuk salah satu negara dengan tingkat pertumbuhan penduduk yang sangat tinggi yaitu sekitar 6% per tahun, sehingga membutuhkan energi listrik yang sangat besar (Kementerian Energi dan Sumberdaya Alam, 2016). Sumber-sumber energi terbarukan seperti tenaga air, angin, surya, dan gelombang belum dapat memenuhi kebutuhan energi listrik di Indonesia (Aziz, 2008). Salah satu energi alternatif yang bisa digunakan untuk mengatasi masalah energi di Indonesia adalah energi nuklir (Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir/ PLTN). Energi nuklir yang dihasilkan dari suatu reaktor nuklir merupakan sumber energi listrik yang relatif murah, aman, dan tidak mencemari lingkungan. Reaktor nuklir dalam perkembangannya memiliki 5 generasi, yaitu generasi I, generasi II, generasi III, generasi III⁺, dan generasi IV.

Reaktor generasi IV merupakan reaktor yang sedang dikembangkan oleh para ilmuwan saat ini. Keunggulan dari reaktor generasi IV adalah dalam hal efisiensi bahan bakar tinggi, limbah nuklir rendah, lebih ekonomis, mempunyai keandalan dalam beroperasi, keamanan yang tinggi, tidak rentan terhadap penyebaran bahan bakar nuklir berbahaya serta tidak membutuhkan daerah eksklusif di sekitar reaktor meskipun dalam kondisi kecelakaan (Driscoll dan Heizler, 2005).

Salah satu jenis reaktor generasi IV adalah *Gas-Cooled Fast Reactor* (GCFR). GCFR merupakan reaktor yang memanfaatkan spektrum cepat dari neutron dan menggunakan jenis pendingin berupa gas, seperti helium (He), karbondioksida (CO₂), atau N₂O₄. GCFR mempunyai siklus bahan bakar tertutup, dimana bahan bakar yang telah digunakan dapat diolah kembali (GIF, 2009).

Perancangan reaktor nuklir secara umum melibatkan perhitungan neutronik, perhitungan termalhidrolik, dan analisis kecelakaan. Perhitungan neutronik meliputi perhitungan kekritisan reaktor dan perhitungan *burn up*. Perhitungan kekritisan reaktor melibatkan faktor multiplikasi yang menunjukkan kondisi generasi neutron pada proses fisi, sedangkan perhitungan *burn up* menunjukkan perubahan komposisi bahan bakar diteras akibat beroperasinya reaktor nuklir.

Dalam perkembangan desainnya, GCFR menggunakan uranium alam sebagai bahan bakar. Uranium alam terdiri dari ²³⁵U (0,720%) dan ²³⁸U (99,275 %). Bahan bakar nuklir ada dua jenis, bahan fisil yang langsung dapat melakukan reaksi fisi apabila ditembak neutron, seperti ²³⁵U, ²³³U, ²³⁹Pu, ²⁴¹Pu dan bahan fertil, bahan yang berpotensi untuk diubah menjadi bahan fisil bila ditembak oleh neutron, seperti ²³²Th, ²³⁸U. Bahan bakar yang bersifat fisil hanya sedikit yang terdapat di bumi maka perlu dilakukan proses pengkayaan. Melalui metoda *shuffling* pada perancangan reaktor, bahan bakar yang digunakan tidak memerlukan pengkayaan lagi. Sebelum digunakan, uranium akan di bakar (*burn up*) terlebih dahulu dalam jangka waktu tertentu. Tujuannya untuk mengubah ²³⁸U menjadi ²³⁹Pu agar dapat berfisi di dalam reaktor.

Penelitian yang berkaitan dengan analisis neutronik pada GCFR telah banyak dilakukan. Irka dan Su'ud (2015), melakukan analisis *burn up* pada reaktor cepat berpendingin gas menggunakan bahan bakar uranium alam dengan daya 700 MWTh. Perhitungan *burn up* menunjukkan bahwa densitas bahan bakar fertil (^{235}U) berkurang seiring dengan bertambahnya periode *burn up*, sebaliknya densitas ^{239}Pu (bahan fertil) meningkat dengan bertambahnya periode *burn up*. Hal ini menunjukkan bahwa reaktor cepat menggunakan spektrum neutron cepat yang merubah bahan fertil menjadi bahan fisil. Analisis neutronik dan *burn up* reaktor menunjukkan reaktor yang dirancang memiliki performa yang baik dengan nilai faktor multiplikasi neutron 1,055.

Andris (2016), melakukan optimasi ukuran teras pada reaktor cepat berpendingin gas dengan uranium alam sebagai bahan bakar dan menggunakan daya 550 MWTh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk teras dengan volume 8 m^3 dan 14 m^3 diperoleh nilai k_{eff} 0,95 sampai 1,05 (reaktor berada dalam keadaan kritis) atau untuk volume 20 m^3 $k_{\text{eff}} > 1,05$ (keadaan superkritis) dengan ayunan reaktivitas $\pm 0,05$. Teras dengan model paling pipih pada volume 8 m^3 merupakan model yang direkomendasikan untuk desain reaktor karena menghasilkan kinerja neutronik yang optimal dibandingkan model lain.

Riska (2016), melakukan analisis perhitungan neutronik pada GCFR dengan variasi bahan pendingin menggunakan program SRAC dengan daya 550 MWTh yang menunjukkan bahwa pendingin karbon dioksida dengan fraksi *coolant* 25% mempunyai nilai faktor multiplikasi (k_{eff}) dan *burn up* level yang paling optimal.

Guska (2016), melakukan analisis densitas nuklida *lead-bismuth cooled fast reactor* (LFR) berdasarkan variasi daya keluaran. Daya yang digunakan 300, 350, 400, 450, dan 500 MWTh. Hasilnya menunjukkan Inte.C.R dan densitas nuklida (^{235}U , ^{238}U , ^{239}Pu) yang paling optimal yaitu pada daya keluaran 300 MWTh. Densitas ^{235}U dan ^{238}U berkurang seiring bertambahnya periode *burn up*. Pada awal periode *burn up* belum ditemukan nuklida ^{239}Pu di dalam teras reaktor, dengan bertambahnya periode *burn up* densitas nuklida ^{239}Pu semakin meningkat dan di akhir periode *burn up* nuklida ^{239}Pu mengalami penurunan kembali dikarenakan telah mengalami reaksi fisi.

Variasi pengaturan umur teras dan daya reaktor untuk GCFR belum ada yang melakukan. Maka pada penelitian ini akan dilakukan analisis neutronik pada *gas cooled fast reactor* (GCFR) dengan variasi umur teras dan daya reaktor. Variasi umur teras dapat mempengaruhi banyaknya *refueling* yang menyebabkan terjadinya perubahan densitas bahan bakar saat di *burn up* yang mempengaruhi kekritisan reaktor. Variasi daya dapat mempengaruhi banyaknya bahan bakar yang akan digunakan untuk proses strategi *shuffling*. Jika daya yang digunakan besar maka reaksi fisi yang terjadi juga besar sehingga membutuhkan bahan bakar yang banyak. Teras reaktor berada pada kondisi kritis apabila ($k_{\text{eff}} = 1$).

Perhitungan neutronik pada penelitian ini dilakukan melalui kode komputasi *Standard Reactor Analysis Code System* (SRAC) yang dikembangkan oleh *Japan Atomic Energy Research Institute* (JAERI). Dengan menggunakan data nuklida dari JENDL-3.2, SRAC dapat melakukan perhitungan dan

menghasilkan penampang lintang mikroskopis dan makroskopis dari masing-masing material teras reaktor (Okumura, dkk, 2007).

1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian bertujuan untuk menganalisis neutronik dalam teras reaktor yang ditunjukkan dengan perubahan densitas bahan bakar selama eaktor beroperasi dan mengetahui berapa lama reaktor dapat beroperasi yang ditunjukkan dengan nilai kekritisannya. Penelitian ini diharapkan dapat memberi informasi ilmiah mengenai kinerja neutronik yang kaitannya dengan umur maksimal suatu reaktor bekerja optimal.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian dilakukan pada reaktor cepat jenis GCFR. Bahan bakar yang digunakan adalah uranium alam dengan helium sebagai pendinginnya. Komposisi material yang digunakan adalah, bahan bakar 65%, struktur 10% dan pendingin 25%. Perhitungan dilakukan menggunakan kode SRAC yang dikembangkan oleh JAERI tahun 2007.

