

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan kebutuhan yang mendominasi kehidupan manusia. Penggunaan energi listrik mengalami peningkatan setiap tahun. Pada tahun 2011 penggunaan energi listrik mencapai 178.279 MWh, tahun 2012 sampai 2015 terus meningkat mencapai 232.520 MWh (Kementerian ESDM, 2015).

Energi listrik yang digunakan saat ini bersumber pada fosil seperti minyak bumi dan batu bara yang merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbarui. Oleh karena itu, dibutuhkan sumber energi listrik alternatif seperti energi nuklir yang menjanjikan untuk menunjang kehidupan manusia dimasa depan. Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) memperkirakan terdapat 70 ribu ton cadangan uranium yang tersebar di sejumlah lokasi di Indonesia, diantaranya Kalimantan Barat, Papua, Bangka Belitung dan Sulawesi Barat (BATAN, 2014). Berdasarkan hal tersebut, Indonesia memiliki peluang besar untuk menjadikan nuklir sebagai sumber energi listrik.

Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) merupakan pembangkit listrik termal (panas), panas tersebut dihasilkan dari proses reaksi fisi pada reaktor nuklir. Reaktor nuklir telah mengalami lima generasi yang terdiri dari generasi I, II, III, III+, dan IV. Reaktor Generasi IV merupakan reaktor yang sedang dikembangkan saat ini. Ada 6 jenis reaktor Generasi IV yaitu *Very High Temperature Reactor* (VHTR), *Supercritical Water Cooled Reactor* (SCWR),

Gas Cooled Fast Reactor (GFR), Sodium Cooled Fast Reactor (SFR), Lead Cooled Fast Reactor (LFR), dan Molten Salt Reactor (MSR) (Anggoro dkk, 2013).

LFR merupakan reaktor dengan spektrum neutron cepat dan menggunakan siklus bahan bakar tertutup untuk konversi uranium (fertil) dan pengelolaan aktinida yang lebih efektif. Reaktor ini memiliki karakteristik yaitu menggunakan pendingin logam cair (Pb atau Pb-Bi), bahan bakar U-Zr atau UN (U-TRU) nitrida, temperatur keluaran 550°C - 800°C , menghasilkan energi listrik (120-400) MWe, kemampuan operasi teras (15-30) tahun, dan keselamatan pasif (Vujic, 2006). Kelebihan dari reaktor ini adalah memiliki sistem yang baik dalam aspek keberlanjutan karena memiliki sifat siklus bahan bakar tertutup, sistem yang baik dalam aspek pencegahan pemanfaatan senjata nuklir dan perlindungan fisik karena teras reaktor memiliki umur panjang, sistem yang baik dalam aspek keselamatan dan kehandalan karena dilengkapi dengan *relatively inert coolant* (Anggoro dkk, 2013).

Penelitian tentang LFR telah dilakukan oleh Cinantya (2014) yang menggunakan tiga variasi bahan bakar diantaranya adalah UN-PuN, UC-PuC, dan MOX. Pada penelitian tersebut disimpulkan bahwa MOX memerlukan fraksi pengayaan yang paling besar dibandingkan UN-PuN dan UC-PuC, dari ketiga bahan bakar tersebut UN-PuN mempunyai distribusi fluks neutron dan distribusi daya yang tinggi. Berdasarkan tingginya distribusi fluks neutron dan distribusi daya tersebut maka penggunaan bahan bakar UN-PuN pada reaktor cepat berpendingin Pb-Bi menunjukkan kinerja neutronik yang optimal.

Penelitian mengenai LFR juga telah dilakukan oleh Guskha (2016) yang menggunakan variasi daya keluaran. Parameter yang diamati adalah Inte.C.R (*Integral Conversion Ratio*) dan densitas nuklida (^{235}U , ^{238}U , ^{239}Pu). Inte.C.R adalah jumlah perubahan bahan fertil (^{238}U) menjadi bahan fisil (^{239}Pu). Pada penelitian tersebut disimpulkan bahwa berdasarkan analisis hasil simulasi nilai Inte.C.R dan densitas nuklida (^{235}U , ^{238}U , dan ^{239}Pu) yang paling optimum yaitu pada daya keluaran 300 MWTh. Densitas ^{235}U dan ^{238}U berkurang seiring dengan bertambahnya periode *burn up*. Semakin besar daya keluaran yang diinginkan maka densitas nuklida fisil /fertil yang dibakar semakin besar.

Rida (2008) telah merancang LFR berbahan bakar UN-PuN. Pada penelitian ini berhasil dirancang sebuah reaktor dengan masa *refuelling* 15 tahun menggunakan strategi *shuffling*. Strategi *shuffling* merupakan strategi yang digunakan supaya reaktor dapat beroperasi tanpa pengayaan dan menggunakan uranium alam sebagai bahan bakar. Reaktor ini menggunakan fraksi bahan bakar 51%, fraksi *cladding* 14%, dan fraksi *coolant* 35%. Sari (2016) telah melakukan penelitian analisis neutronik dengan variasi bahan bakar. Pada penelitian tersebut disimpulkan bahwa desain teras reaktor dengan bahan bakar UN-PuN dan MOX menghasilkan nilai faktor multiplikasi (k) dan level *burn-up* yang optimal.

Berbeda dengan penelitian sebelumnya, pada penelitian ini akan dilakukan dengan variasi bahan bakar yaitu U-Zr dan UN-PuN pada reaktor LFR yang menggunakan strategi *shuffling* berpendingin Pb-Bi. Uranium-zirkonium (U-Zr) memiliki titik leleh yang tinggi sekitar 1126 °C, densitas sebesar 18,3 g/cm³ pada suhu kamar, ketahanan korosi yang baik dan ulet. Ketahanan terhadap

korosi menyebabkan bahan bakar ini memiliki serapan neutron yang kecil yaitu antara 0,18-0,2 barn (Lutsman and Kerze, 1995). UN-PuN (uranium-plutonium nitrida) memiliki titik leleh yang tinggi sekitar 2500 °C dan konduktivitas termal tinggi memungkinkan diperolehnya perbedaan temperatur relatif rendah antara titik pusat pin bahan bakar dengan pendinginnya (Su'ud, 1998).

Pada penelitian ini dilakukan analisis neutronik melalui komputasi menggunakan SRAC (*Standard Thermal Analysis Code System*) dengan strategi *shuffling*. Analisis neutronik merupakan salah satu aspek penting yang perlu ditinjau dalam perancangan reaktor nuklir. Analisis neutronik membahas populasi neutron, fluks neutron, distribusi neutron dan hal-hal yang berhubungan dengan perilaku neutron dalam teras reaktor. SRAC merupakan sebuah sistem kode terpadu untuk analisis perhitungan neutronik pada beberapa jenis reaktor termal (Okumura, 2006). SRAC mulai dikembangkan pada tahun 1978 sebagai standar untuk kode analisis reaktor termal di badan energi atom Jepang JAEA (*Japan Atomic Energy Agency*) (Okumura, 2006). Pada penelitian ini digunakan strategi *shuffling* agar suatu reaktor dapat beroperasi tanpa pengayaan. Strategi ini menggunakan uranium alam sebagai bahan bakar.

1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik neutronik yang meliputi faktor multiplikasi neutron (k), integral *conversion ratio*, analisis *burn up*, dan densitas nuklida pada LFR dengan variasi bahan bakar menggunakan strategi *shuffling*. Variasi bahan bakar yang digunakan adalah U-Zr dan UN-PuN.

Penelitian ini diharapkan dapat merancang reaktor cepat jenis LFR dengan bahan bakar yang sesuai dan mempunyai kinerja yang optimal.

1.3 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada reaktor LFR dengan variasi bahan bakar UN-PuN dan U-Zr. Reaktor ini menggunakan pendingin Pb-Bi, temperatur keluaran 550-800°C, menghasilkan energi listrik 120-400 MWe, dan kemampuan teras 15-30 tahun. Parameter-parameter neutronik yang diamati meliputi faktor multiplikasi neutron (k), analisis *burn up*, *integral conversion ratio*, dan densitas nuklida.

