

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertambahan jumlah penduduk dan perkembangan teknologi yang terus meningkat berdampak pada melonjaknya kebutuhan energi di dunia. Untuk memenuhi kebutuhan energi di dunia salah satu solusi alternatif yang cukup menjanjikan adalah energi nuklir yang terjadi dalam Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN). Menurut asosiasi nuklir dunia menargetkan pada tahun 2050 sebanyak 25% pasokan listrik berasal dari PLTN. Untuk itu dunia membutuhkan banyak pembangkit baru dengan total kapasitas 1.000 gigawatt (World Nuclear Association, 2016).

PLTN terdapat sebuah reaktor yang digunakan sebagai tempat terjadinya reaksi fisi berantai yang terkendali. Reaksi fisi adalah reaksi pembelahan inti berat menjadi inti lebih ringan yang disertai dengan pelepasan energi. Reaksi fisi terjadi bila sebuah neutron menembak inti berat seperti ^{235}U , inti tersebut terpecah menjadi 2 inti yang lebih ringan disertai dengan pelepasan 2 hingga 3 buah neutron cepat yang memiliki energi sekitar 200 MeV.

Berdasarkan spektrum energi neutronnya, reaktor dapat dibedakan atas reaktor termal dan reaktor cepat. Reaktor termal adalah reaktor yang menggunakan neutron termal dalam proses reaksinya. Pada reaktor termal memerlukan sebuah moderator untuk menyerap energi neutron cepat yang dihasilkan dari reaksi fisi sehingga berada pada kondisi neutron termal saat menumbuk inti. Reaktor cepat merupakan reaktor yang menggunakan spektrum

neutron cepat untuk proses reaksi fisi, dengan demikian reaktor cepat tidak memerlukan moderator. Reaktor cepat lebih ekonomis dari sisi pemanfaatan neutron dibandingkan reaktor termal karena pada reaktor termal banyak energi neutron yang diserap untuk menjaga keseimbangan daya.

Jenis reaktor cepat merupakan kandidat reaktor generasi IV yang sedang dikembangkan saat ini. Secara umum reaktor generasi IV mempunyai sasaran utama yaitu meningkatkan keamanan nuklir, meminimalisasi limbah dan memanfaatkan sumber alam secara efisien serta menekan biaya proses pembangunannya (Driscoll dan Heizler, 2005).

Reaktor cepat memerlukan suatu bahan bakar yang akan digunakan untuk menghasilkan energi nuklir. Beberapa bahan bakar nuklir campuran yang lazim digunakan yaitu campuran uranium plutonium nitrida (UN-PuN) yang memiliki titik leleh (2500°C) dan memiliki konduktivitas termal tinggi, campuran uranium plutonium karbida (UC-PuC) yang memiliki konduktivitas termal yang tinggi, dan campuran uranium plutonium oksida (MOX) yang memiliki titik leleh yang tinggi (2750°C) (Walter dan Reynolds, 1981).

Bahan bakar nuklir terbagi menjadi dua jenis yaitu bahan fisil dan bahan fertil. Bahan fisil adalah bahan yang mudah berfisi dan mempunyai probabilitas berfisi yang besar relatif terhadap reaksi penangkapan neutron, walaupun ditembak oleh neutron termal. Contoh bahan fisil adalah ^{233}U , ^{235}U , ^{239}Pu , dan ^{241}Pu . Bahan fertil adalah bahan yang berpotensi untuk diubah menjadi bahan fisil dengan reaksi penangkapan neutron cepat. Contoh bahan fertil adalah ^{238}U , ^{240}Pu , ^{242}Pu , ^{232}Th (Duderstadt dan Hamilton, 1978).

Pada uranium alam terdapat 0,72% bahan fisil ^{235}U dan sisanya merupakan bahan fertil. Untuk meningkatkan fraksi bahan fisil yang jumlahnya sedikit maka dilakukan proses pengayaan uranium (*enrichment*) hingga mencapai kurang lebih 20%. Reaktor cepat memiliki kemampuan untuk mengubah bahan fertil (^{238}U) menjadi bahan fisil (^{239}Pu) melalui penangkapan neutron cepat (Walter dan Reynolds, 1981). Dengan demikian, melalui jenis reaktor cepat bahan fertil ^{238}U yang berlimpah di alam dapat dimanfaatkan untuk diubah ke dalam bahan fisil, maka kadar bahan fisil yang dihasilkan akan menjadi lebih banyak sehingga bahan bakar dapat digunakan dalam jangka waktu yang lama.

Reaktor cepat dalam proses reaksi fisi menghasilkan energi dalam bentuk panas yang sangat besar, untuk memindahkan panas yang dihasilkan dari reaktor dibutuhkan suatu bahan pendingin. Bahan pendingin yang digunakan pada reaktor cepat dapat berupa gas ataupun logam cair. Beberapa kandidat logam cair yang telah diteliti seperti NaK, Pb dan Pb-Bi. Bahan pendingin yang digunakan dalam penelitian ini adalah logam cair *timbal-bismuth* (Pb-Bi). Pendingin Pb-Bi memiliki titik lebur 125°C dan titik didih 1670°C . Komposisi desain untuk reaktor cepat berpendingin Pb-Bi yaitu 44,5% Pb dan 55,5% Bi.

Dalam perancangan suatu reaktor nuklir diperlukan analisis neutronik yang komprehensif. Analisis neutronik membahas laju perubahan neutron akibat berbagai reaksi yang terjadi di reaktor. Analisis neutronik dilakukan agar reaktor dapat beroperasi dengan pembangkitan daya yang stabil. Produksi energi yang terjadi pada sistem reaktor sangat bergantung pada produksi neutron di teras reaktor.

Telah banyak dilakukan penelitian yang membahas tinjauan secara neutronik pada jenis reaktor cepat. Rivai (2001) melakukan studi desain reaktor cepat modular berpendingin Pb-Bi dan berbahan bakar nitrida dengan hasil menunjukkan bahwa reaktor cepat berpendingin Pb-Bi dan bahan bakar nitrida memiliki keunggulan dalam penggunaan secara optimal uranium alam pada *blanket*, serta tingkat keamanan yang cukup tinggi karena waktu *refueling* yang cukup lama. Cinantya (2013), melakukan analisis neutronik pada reaktor cepat dengan variasi bahan bakar (UN-PuN, UC-PuC dan MOX). Hasil simulasi menunjukkan bahwa ketiga jenis bahan bakar menunjukkan karakteristik neutronik yang berbeda-beda, disebabkan tingginya densitas atom pada UN-PuN. Lestari (2013) meneliti pengaruh bahan bakar UN-PuN, UC-PuC dan MOX terhadap nilai *breeding ratio* pada reaktor pembiak cepat, dan hasilnya menunjukkan bahwa nilai *breeding ratio* terbesar dicapai oleh bahan bakar UC-PuC sebesar 1,31, akan tetapi nilai *breeding ratio* yang stabil diperoleh pada bahan bakar UN-PuN.

Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya maka dilakukan penelitian untuk menganalisis tinjauan secara neutronik pada reaktor cepat dengan variasi fraksi pengayaan (*enrichment*) 11%-20% pada tiga jenis bahan bakar UN-PuN, UC-PuC dan MOX. Pengayaan bahan bakar dilakukan untuk meningkatkan rasio bahan fisil ^{235}U terhadap bahan fertil. Besarnya fraksi pengayaan yang digunakan pada reaktor cepat lebih tinggi dibandingkan dengan fraksi pengayaan pada reaktor termal. Menurut (Walter dan Reynolds,1981) besarnya nilai fraksi pengayaan yang digunakan pada reaktor cepat berkisar dari 9%-23%.

1.2 Tujuan Penelitian

Mengetahui dan menganalisis pengaruh perubahan fraksi pengayaan (*enrichment*) terhadap karakteristik neutronik pada reaktor cepat berpendingin Pb-Bi untuk jenis bahan bakar UN-PuN, UC-PuC dan MOX.

1.3 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat melengkapi informasi mengenai aspek-aspek neutronik dari penggunaan bahan bakar UN-PuN, UC-PuC dan MOX pada reaktor cepat berukuran medium dengan unjuk kerja neutronik yang optimum.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian dilakukan secara komputasi menggunakan kode FIITB.CHI (Su'ud, 1996) yang telah dikembangkan dalam bahasa pemrograman Delphi 7.0 untuk geometri kubus 3D XYZ (Fitriyani, 2006). Perhitungan pada kode simulasi meliputi 8 grup energi neutron dengan teras berukuran medium menggunakan daya 150 MWt. Perhitungan dilakukan untuk tiga jenis bahan bakar UN-PuN, UC-PuC dan MOX dengan menggunakan bahan pendingin Pb-Bi. Parameter-parameter neutronik yang ditinjau adalah faktor multiplikasi neutron dan distribusi fluks neutron dan fraksi pengayaan (*enrichment*) divariasikan pada 11% hingga 20%.