

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sumber energi utama yang digunakan di Indonesia adalah energi berbasis bahan bakar fosil. Bahan bakar fosil didapat dari berbagai komponen di alam seperti minyak bumi dan batu bara. Minyak bumi dan batu bara merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui sehingga bahan bakar tersebut akan berkurang dan dapat menyebabkan terjadinya krisis energi di masa yang akan datang, sementara diperkirakan pada tahun 2025 kebutuhan energi listrik akan menjadi lebih dari tiga kali lipat kebutuhan energi listrik sekarang (Aziz, 2008). Energi nuklir merupakan salah satu energi alternatif atas masalah yang ditimbulkan oleh semakin berkurangnya sumber energi fosil serta dampak lingkungan yang ditimbulkannya (Pranoto, 2009). Energi nuklir termasuk salah satu energi bersih masa depan, karena tidak menghasilkan emisi (Duderstadt dan Hamilton, 1976). Secara umum, energi nuklir dapat dihasilkan melalui dua macam mekanisme yaitu pembelahan inti (reaksi fisi) dan penggabungan beberapa inti (reaksi fusi) (Koning, 2008). Reaksi fisi merupakan reaksi dasar pada Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) yang digunakan saat ini.

Pada PLTN, bahan bakar nuklir terdiri dari bahan fisil dan bahan fertil. Bahan fisil adalah bahan yang mudah dan memiliki kemungkinan yang besar untuk berfisi. Contohnya ^{235}U , ^{233}U , ^{239}Pu dan ^{241}Pu . Bahan fertil adalah bahan yang berpotensi untuk berubah menjadi bahan fisil dengan penangkapan neutron, contohnya ^{238}U , ^{234}U , ^{240}Pu , ^{242}Pu , ^{232}Th , dan sebagainya. Bahan fertil yang

berlimpah di alam seperti ^{238}U dapat diubah menjadi bahan fisil ^{239}Pu dengan memanfaatkan neutron berenergi tinggi (Waltar dan Reynolds, 1981). Kemampuan untuk menghasilkan bahan fisil dari bahan fertil adalah dasar dari reaktor pembiak cepat. Reaktor pembiak cepat bisa memanfaatkan uranium alam yang mengandung fertil kemudian diubah menjadi fisil. Dalam uranium alam terdapat enam jenis isotop, diantaranya yaitu ^{235}U dan ^{238}U . Konsentrasi ^{235}U dalam uranium alam sangat sedikit kurang lebih 0,7 % sedangkan ^{238}U memiliki kurang lebih 99,3 %. Dengan melimpahnya bahan fertil (misalnya ^{238}U) di alam diharapkan reaktor cepat mampu mengatasi keterbatasan sumber energi.

Reaktor pembiak cepat (*Fast Breeder Reactor*, FBR) merupakan jenis reaktor cepat yang dirancang untuk memproduksi bahan fisil yang lebih banyak daripada bahan fisil yang digunakan. Dalam banyak desain FBR, bahan bakar (*fuel*) dikelilingi oleh selimut (*blanket*) yang berisi bahan fertil ^{238}U yang akan menangkap neutron cepat dari reaksi fisi, sebagian akan dikonversi menjadi ^{239}Pu yang dapat digunakan sebagai bahan bakar nuklir pada reaktor pembiak cepat. Bahan bakar yang biasanya digunakan dalam reaktor pembiak cepat adalah campuran uranium plutonium nitrida (Un-PuN), uranium plutonium karbid (UC-PuC) dan oksida (MOX) (Walter dan Reynolds, 1981). Bahan bakar tersebut memiliki titik leleh dan konduktivitas termal yang tinggi. Sedangkan pendingin yang banyak digunakan pada reaktor cepat berupa timbal bismut (Pb-Bi). Karakteristik yang dimiliki Pb-Bi yaitu titik leleh $125\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan titik didih $1670\text{ }^{\circ}\text{C}$. Penggunaan Pb-Bi sebagai pendingin memiliki kelebihan dibandingkan dengan

sodium dalam hal tidak berbahaya jika berinteraksi dengan udara dan air (Su'ud, 1998).

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh 3 jenis bahan bakar (UN-PuN, UC-PuC dan MOX) terhadap nilai *breeding ratio* pada reaktor pembiak cepat (Lestari, 2008). Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk penggunaan bahan bakar UC-PuC diperoleh nilai *breeding ratio* yang lebih tinggi dibandingkan kedua bahan bakar lainnya, tetapi pada UN-PuN diperoleh nilai *breeding ratio* yang stabil, sedangkan pada bahan bakar MOX nilai *breeding ratio* <1 mengartikan bahwa pada bahan bakar MOX tidak terjadi pembiakan. Selain itu telah dilakukan juga oleh Cinantya, (2014), penelitian tentang analisis neutronik pada reaktor cepat dengan variasi bahan bakar (UN-PuN, UC-PuC, dan MOX) dengan Hasil penelitian menunjukkan penggunaan bahan bakar UN-PuN pada reaktor cepat berpendingin Pb-Bi menunjukkan kinerja neutronik yang optimal berdasarkan distribusi fluks dan distribusi daya yang dihasilkan.

Dalam reaktor pembiak cepat banyak faktor mempengaruhi kinerja reaktor secara keseluruhan baik dari tinjauan neutronik, termalhidrolik maupun tinjauan keselamatan. Tinjauan termalhidrolik berkaitan dengan keadaan termal reaktor. Tinjauan keselamatan berkaitan dengan sistem keamanan pada reaktor. Tinjauan neutronik membahas tentang perilaku neutronik selama reaktor beroperasi dengan menggunakan parameter-parameter neutronik. Salah satu parameter neutronik yang sangat penting adalah faktor multiplikasi neutron dan distribusi fluks neutron. Fluks neutron akan mempengaruhi distribusi daya dalam teras reaktor. Tinjauan neutronik juga berkaitan dengan analisis *burn-up*, yaitu perubahan

densitas bahan bakar atau susutan bahan bakar di dalam teras reaktor selama reaktor beroperasi.

Arisa, (2008) melakukan analisis terhadap pembiakan (*Breeding*) ^{239}Pu dengan variasi geometri teras dan ukuran teras reaktor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan geometri teras yang tinggi dan teras seimbang pembiakan bahan fisil tidak terlalu baik, dimana persentase bahan bakar terbesar dibiakkan adalah 25,73% dan yang terkecil 7,56% sedangkan pada volume teras reaktor terkecil dengan simetri pipih menunjukkan kinerja yang sangat bagus dibandingkan dengan model simetri tinggi dan seimbang dalam hal pembiakan (*breeding*) bahan bakar, dimana reaktor mampu membiakkan ^{238}U sebesar 32% dalam satu siklus (4 tahun).

Untuk melengkapi informasi mengenai karakteristik *Fast Breeder Reactor* (FBR) secara menyeluruh masih banyak aspek yang perlu ditinjau, salah satunya penelitian pada beberapa pola atau konfigurasi bahan bakar di teras terhadap produktivitas fisil. Konfigurasi bahan bakar dapat dilakukan dengan berbagai cara yaitu bahan bakar disusun secara homogen (*inner* dan *outer*) serta heterogen antara *blanket* (fertil) dan fisil pada nilai fraksi bahan bakar tertentu. Konfigurasi bahan bakar di teras akan mempengaruhi distribusi fluks neutron diseluruh bagian teras. Pola atau konfigurasi distribusi fluks neutron akan berdampak juga terhadap pembangkitan daya. Selain itu jumlah neutron pada suatu tempat akan mempengaruhi produksi fisil dari bahan fertil.

1.2 Tujuan dan manfaat penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh gambaran desain konfigurasi teras yang menunjukkan kinerja neutronik yang optimal secara umum khususnya berkaitan dengan produktivitas fisil pada reaktor pembiak cepat.

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan referensi pada perancangan reaktor pembiak cepat sehingga diperoleh desain yang optimal dalam menghasilkan bahan fisil dan dengan demikian reaktor dapat beroperasi dalam waktu yang lama tanpa pengisian bahan bakar baru.

1.3 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian

Simulasi dilakukan menggunakan kode FI-ITB.CHI yang dikembangkan dalam bahasa pemrograman Borland Delphi 7.0 dimana perhitungan numerik dibagi dalam beberapa kelas dan terdiri dari beberapa fungsi. Reaktor yang digunakan adalah reaktor tipe *Fast Breeder Reactor* (FBR) dengan geometri teras berbentuk silinder berukuran medium, bahan bakar yang digunakan adalah campuran uranium-plutonium nitrida (UN-PuN) dengan berpendingin timbal bismut (PB-Bi). Data penampang lintang makroskopik diambil dari hasil perhitungan grup konstan kode SLAROM dan FIITB.CHI.