I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan zaman dan semakin meningkatnya jumlah penduduk dunia yaitu sekitar 7 miliar pada tahun 2011 (Worldometers, 2012), maka peningkatan kebutuhan energi pun tidak dapat dihindarkan lagi. Energi fosil merupakan sumber energi yang paling banyak digunakan di dunia berupa bahan bakar minyak (Frick dan Muliani, 2006).

Zuhal (2010) menyatakan bahwa Indonesia saat ini, masih tergantung terhadap energi fosil yaitu sekitar 50% dari kebutuhan, terutama energi minyak dan gas bumi. Secara keseluruhan energi dalam negeri 95% masih dipenuhi oleh energi fosil yang tidak terbarukan padahal cadangan energi fosil dalam negeri terbatas. Di sisi lain laju pertumbuhan konsumsi energi cukup tinggi yaitu 7% per tahun (Zuhal, 2010).

Penggunaan energi yang kian hari semakin meningkat menjadikan persediaan energi semakin berkurang. Di sisi lain pemanasan global yang sedang terjadi dan akan memasuki tahap yang mengkhawatirkan diyakini sebagai dampak emisi gas rumah kaca dari pembakaran energi fosil. Sehingga masalah energi fosil menjadi salah satu masalah serius yang sedang hangat dibicarakan dan dicarikan sumber energi alternatif lainnya.

Energi alternatif ada beberapa yang telah dan sedang dikembangkan seperti panas bumi, biomassa, sinar matahari, nuklir, dan sebagainya. Kebanyakan energi alternatif yang dikembangkan merupakan energi terbarukan. Adapun energi yang tidak terbarukan salah satunya adalah nuklir. Meskipun demikian, energi nuklir adalah salah satu energi bersih masa depan karena tidak menghasilkan emisi (Ridwan, 2009).

Menurut Duderstadt dan Hamilton (1976) energi nuklir dapat dihasilkan melalui dua macam mekanisme yaitu pembelahan inti (reaksi fisi) dan penggabungan beberapa inti (reaksi fusi). Energi yang dihasilkan dalam reaksi fisi nuklir dapat dimanfaatkan untuk keperluan yang berguna. Sehingga, reaksi fisi harus berlangsung secara terkendali di dalam sebuah reaktor agar dapat dimanfaatkan untuk membangkitkan listrik atau biasa dikenal sebagai pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN).

PLTN pada faktanya juga menghasilkan limbah, baik itu berupa air hangat (yang tidak radioaktif) maupun sedikit limbah radioaktif yang harus disimpan dengan aman di ruang anti radiasi untuk ribuan tahun ke depan.

Sumber alternatif energi bersih bahkan terbarukan sebenarnya masih banyak ditemukan di Indonesia seperti halnya potensi panas bumi, angin, surya dan laut yang berlimpah. Meski demikian, energi nuklir harus dipersiapkan secara serius karena teknologi nuklir adalah teknologi paling strategis sejak abad-20 (Pranoto, 2009).

Teknologi PLTN adalah teknologi tinggi. Oleh karena itu, kebocoran atau kecelakaan dapat berakibat fatal. Bahan radioaktif yang keluar akan memancarkan radiasi sinar gamma selama ribuan tahun. Bila terkena makhluk hidup, radiasi ini akan merusak sel, menyebabkan kanker atau kemandulan. Pada kasus kecelakaan PLTN di Chernobyl dan Fukushima tahun 1986, sebuah kota harus dievakuasi dan kota itu hingga kini masih menjadi kota mati.

Zanocco (2003) mengatakan bahwa sebuah PLTN modern, dalam pembuatannya harus dibangun dengan keamanan berlapis, sistem kontrol otomatis agar bila ada sesuatu yang tak wajar, reaktor otomatis mati serta desain raktor yang ideal.

Bahan bakar utama PLTN adalah uranium. Uranium alami sebagaimana yang terdapat dalam lapisan kerak bumi utamanya tersusun atas campuran isotop U-238 (99,3%) dan U-235 (0,7%). U-235 adalah satu-satunya bahan alami yang dapat mempertahankan reaksi fisi berantai yang melepaskan energi dalam jumlah besar (Kidd, 2009). Untuk menghasilkan bahan fisil U-235, diperlukan proses pemisahan isotop dari 0,7% menjadi 3-5% yang menghabiskan biaya yang cukup besar (Cothern dan Rebers, 1991).

Bahan bakar PLTN dapat juga menggunakan thorium. Thorium yang terdapat di alam yaitu Th-232. Jumlah thorium di kulit bumi diperkirakan sekitar empat kali lebih banyak dari uranium. Thorium tidak bersifat fisil, sehingga Th-232 akan menyerap neutron lambat untuk menghasilkan U-233 yang bersifat fisil (Kidd, 2009).

Harvego dan Schultz (2009) menyatakan PLTN dengan bahan bakar berbasis thorium makin menarik perhatian dunia karena lebih aman. Sebagai perbandingan, 1 kilogram thorium akan menghasilkan energi yang sama dengan yang dihasilkan oleh 300 kilogram uranium. Thorium menghasilkan limbah 90% lebih sedikit dibandingkan uranium dan hanya membutuhkan 200 tahun untuk menyimpan limbahnya dibandingkan uranium yang membutuhkan waktu 10.000 tahun untuk menyimpan limbahnya (Carrera et al., 2007).

Di dunia, hampir seluruh reaktor menggunakan uranium alam dengan pengayaan tertentu sebagai bahan bakar. Setelah diketahui thorium jumlahnya sangat melimpah dan dapat memberikan faktor kapasitas pembangkit yang lebih tinggi. Maka, banyak lembaga penelitian yang mengembangkan proyek tenaga nuklir dengan bahan bakar thorium (Carrera et al., 2007).

Reaktor nuklir dalam perkembangannya mengalami empat fase regenerasi yaitu generasi I, II, III dan IV. Reaktor generasi IV merupakan reaktor masa akan datang yang dirancang tidak hanya untuk memasok daya listrik, tetapi juga untuk memasok energi termal. Oleh karena itu, PLTN generasi IV tidak lagi disebut sebagai PLTN tetapi Sistem Energi Nuklir (SEN) (Harvego dan Schultz, 2009). Pada penelitian ini, desain yang digunakan adalah salah satu reaktor generasi IV yaitu reaktor air superkritis atau *Supercritical Cooled Water Reactor* (SCWR). Reaktor ini lebih sederhana dalam pembangunannya, efisiensi termal yang tinggi dan hampir 50 tahun berpengalaman pada industri stasiun energi panas (Buongiorno, 2003).

Pembuatan reaktor membutuhkan desain yang dapat memberikan suatu sistem yang aman, efektif dan ekonomis dalam hal energi dan waktu operasi. Dalam membuat suatu desain reaktor, diperlukan analisis yang komprehensif, salah satunya yaitu analisis neutronik yang meliputi penentuan pengayaan bahan bakar uranium dan thorium, ukuran teras reaktor, dan konfigurasi teras yang memenuhi kriteria kekritisan dan menghasilkan energi secara maksimal. Untuk menganalisis desain teras reaktor, digunakan program komputer yang dapat mensimulasikan perilaku nuklir di teras reaktor (Utami dan Yulianti, 2013)

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan program SRAC (*System Reactor Atomic Code*), program yang dikembangkan oleh JAERI (*Japan Atomic Energy Reasearch Institute*). Program ini dapat membantu dalam mendesain dan menganalisis reaktor, khususnya reaktor termal. SRAC memanfaatkan data nuklida yang berasal dari JENDL-3.2 untuk menghasilkan data penampang mikroskopik dan makroskopik yang efektif dari masing-masing komposisi material teras reaktor (Okumura, 2006).

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

- 1. Bagaimanakah komposisi bahan bakar yang ideal pada reaktor jenis SCWR model teras silinder untuk menghasilkan energi yang maksimal?
- 2. Bagaimanakah ukuran yang efisien untuk jenis SCWR model teras silinder dan memenuhi standar kekritisan?
- 3. Bagaimanakah konfigurasi teras reaktor yang efisien untuk jenis SCWR model teras silinder dan memenuhi standar kekritisan?

C. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

- Desain reaktor yang akan dibuat adalah reaktor termal jenis reaktor SCWR model teras silinder.
- 2. Bahan bakar yang digunakan adalah thorium dan uranium.
- 3. Penghitungan pada teras reaktor (*core*) dilakukan secara 2 dimensi (*x*,*y*) pada 1/6 bagian teras silinder berbentuk segi tiga (triangular).

D. Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

- 1. Membuat desain sebuah reaktor SCWR model teras silinder menggunakan bahan bakar uranium dan thorium.
- 2. Menentukan pengayaan bahan bakar uranium dan thorium.
- 3. Menentukan ukuran teras reaktor.
- Menentukan konfigurasi teras yang memenuhi kriteris kekritisan dan menghasilkan energi secara maksimal.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

- 1. Mendukung perkembangan penelitian di bidang reaktor nuklir.
- 2. Memberikan kontribusi dalam masalah alternatif energi bersih.
- Memberikan informasi ilmiah mengenai desain reaktor nuklir yang memiliki efisien tinggi dan memenuhi standar kekritisan.