

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan jumlah penduduk memberi dampak buruk terhadap lingkungan. Hal ini dimaksudkan kepada kebutuhan energi yang meningkat mengikuti peningkatan jumlah penduduk. Menurut United Nations Population Division di tahun 2020 Indonesia berada pada peringkat empat teratas dengan jumlah penduduk mencapai 273.523.615 jiwa. Jika dibandingkan dengan data jumlah penduduk Indonesia di tahun 1976 telah terjadi peningkatan sebesar 142,8 juta jiwa dengan populasi penduduk saat itu berada pada nilai 130.680.727 jiwa. Sedangkan untuk jumlah penduduk di dunia saat ini yaitu 7,76 miliar yang menyatakan telah terjadi peningkatan hampir dua kali lipat dari jumlah penduduk ketika tahun 1975 (worldometers, 2020). Dari data tersebut dapat diketahui bahwa telah terjadi peningkatan pada penggunaan energi yang mengakibatkan penipisan pada cadangan energi yang ada di muka bumi ini. Menurut Outlook Energi Indonesia 2019 yang dirilis oleh Dewan Energi Nasional terjadi penurunan pada produksi minyak bumi dihitung dari 10 tahun terakhir yaitu 346 juta barel pada tahun 2009 dan pada tahun 2018 hanya 283 juta barel hal ini dikarenakan menuanya sumur yang memproduksi minyak bumi dan sumur baru yang terbatas penggunaannya. Untuk batu bara digunakan 121 juta ton dalam satu tahun (Council, 2019)(Kimura & Phoumin, 2019). Maka dari itu energi alternatif sangat dibutuhkan saat ini. Energi nuklir merupakan salah satu energi alternatif yang dapat digunakan untuk jangka panjang.

Suatu sistem yang mampu mengubah energi yang ada di dalam atom menjadi energi listrik yaitu reaktor nuklir. Jika dibandingkan dengan batu bara satu kilo gram uranium mampu menyalakan lampu bohlam 100 W sedangkan satu kilo

gram batu bara hanya mampu menyalakan lampu bohlam 100 W selama empat hari (Adiwardojo, 2010). Indonesia sendiri sudah memiliki reaktor nuklir namun bukan reaktor daya yang mampu menghasilkan listrik. Kurangnya pengembangan reaktor daya di Indonesia sendiri dikarenakan sulitnya perizinan serta opini masyarakat yang menyangkutpautkan reaktor daya dengan bom kemudian penyebab kanker dan sebagainya. Namun, banyak yang tidak mengetahui bahwa energi nuklir justru mampu meminimalisir kematian. Menurut data NASA tahun 2013 bahwa dari tahun 1971 hingga 2009 tertulis bahwa energi nuklir telah menyelamatkan 1,8 juta jiwa dari kematian (Houts, 2014). Data ini tidak terlepas dari kecelakaan nuklir dalam jangka waktu tersebut seperti Chernobyl dan Fukushima. Hal tersebut dikarenakan limbah nuklir disimpan di dalam tanah yang sangat dangkal dan bahkan kini sudah dilakukan studi untuk mendaur ulang dari sisa bahan bakar tersebut menjadi bahan bakar yang mampu menghasilkan energi yang lebih besar lagi. Sehingga energi nuklir lebih bersih dibandingkan batu bara dan minyak karena dari bahan bakar fosil produk sampingannya akan dipompa ke udara dan dapat menyebabkan penyakit yang berhubungan dengan pernafasan. Dengan kata lain energi nuklir mampu mengurangi CO₂ sehingga baik untuk lingkungan. Cina sendiri membakar empat miliar ton batu bara setiap tahun dan India 788 miliar ton batu bara dapat dibayangkan udara yang dihirup manusia sangatlah kotor sehingga berdampak buruk bagi kesehatan. Selain itu energi nuklir merupakan energi teknologi terbarukan yang ramah lingkungan (Kimura & Phoumin, 2019).

Bahan bakar nuklir yang sering digunakan dan sangat umum orang mengetahuinya yaitu Uranium. Namun, ternyata ada unsur radioaktif yang dapat dikatakan lebih baik dari Uranium yaitu Thorium. Thorium memiliki kelimpahan yang luar biasa banyak sekali di dunia ini. Jika dibandingkan dengan uranium sendiri persediaannya terdapat tiga hingga empat kali lebih banyak dari uranium. Selain itu thorium mampu menghasilkan energi yang lebih besar. Energi yang dihasilkan dari satu ton Thorium akan setara dengan energi yang dihasilkan dari 200 ton Uranium dan 3,50 juta ton batu bara. Thorium juga menghasilkan limbah yang jauh lebih sedikit dari uranium bahkan dapat dikatakn ratusan hingga ribuan kali lebih sedikit dari limbah yang dihasilkan uranium (IAEA., 2005). Indonesia sendiri memiliki thorium yang melimpah namun masih dibutuhkan banyak riset untuk penggunaannya.

Reaktor nuklir memiliki banyak nilai positif dari kegunaannya sebagai reaktor daya selain merupakan energi yang bersih sehingga baik untuk lingkungan dan penggunaannya mampu memberikan energi listrik yang lebih besar dari sumber energi yang lainnya. Penggunaan reaktor nuklir juga perlu diperhatikan karena dapat berdampak buruk misalnya kecelakaan nuklir yang terjadi di Chernobyl pada tahun 1986 dan Fukushima pada 2011. Pada reaktor nuklir yang digunakan untuk menghasilkan listrik atau reaktor daya panas serta energi yang dihasilkan sangat besar sehingga perlu dilakukan pengopersasian yang sangat baik, teliti serta tepat dalam perhitungan. Kecelakaan reaktor nuklir yang terjadi di Chernobyl pada reaktor IV ketika dilakukan perawatan rutin pada 26 April 1986. Kecelakaan ini dikarenakan karena kegagalan yang terjadi dalam komputer yang dilakukan pemrograman ulang pada operator yang mengakibatkan daya mengalami penurunan drastis dan reaktor dipadamkan tanpa perhitungan sehingga populasi dari ^{135}Xe dan terjadi ledakan (Association, 2012).

Pada tahun 2011 terjadi kembali kecelakaan nuklir yang memiliki dampak buruk setelah kecelakaan nuklir Chernobyl yaitu reaktor di Fukushima, Jepang. Kecelakaan reaktor nuklir ini disebabkan oleh gejala alam dengan terjadinya gempa tektonik yang mengakibatkan datangnya tsunami. Gejala alam tersebut berdampak buruk bagi Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir Fukushima. Sistem pendingin atau coolant tidak lagi berfungsi dikarenakan hal tersebut Zirkonium (Zr) terkelupas dan dia beroksidasi dengan air sehingga menghasilkan gas hidrogen yang memiliki sifat sangat mudah terbakar. Tabung reaktor mengalami kebocoran yang mengakibatkan gas hidrogennya pun keluar dan mengakibatkan terjadinya ledakan (Shiroyama, 2015).

Dari kedua kecelakaan nuklir tersebut maka diperlukan sistem reaktor yang mampu memperhatikan keselamatan penggunaannya. Terdapat beberapa sistem dari reaktor yang dikembangkan yang menggunakan bahan bakar thorium dengan menggunakan pendingin garam cair sehingga dapat diminimalisir resiko ledakan seperti di reaktor Fukushima. Reaktor garam cair memiliki keunggulan lain selain peningkatan keamanan pasif seperti menghilangkan panas karena peluruhan pasif kemudian tidak ada fabrikasi bahan bakar. Reaktor dengan modul kecil saat ini sedang menjadi perbincangan yang hangat dalam dunia nuklir. Bentuknya yang kecil lebih efisien dibandingkan dengan reaktor yang beroperasi pada umumnya. IAEA (International Atomic Energy Agency) mengatakan bahwa diharapkan lebih dari 100 SMRs (*Small Modular Reactor*) yang akan beroperasi di dunia pada 2030 (Subki &

Reitsma, 2014).

Pada penelitian kali ini akan dilakukan studi desain reaktor garam cair kecil dengan tipe *Small Modular Reactor* FUJI yang memiliki tujuan untuk meningkatkan faktor keselamatan dengan menggunakan bahan bakar thorium yang kandungannya melimpah sehingga mampu mengurangi limbah hasil penggunaannya dan mampu dalam penggunaan jangka panjang dengan variasi campuran uranium dan plutonium. Desain reaktor akan dilakukan menggunakan SRAC (System Reactor Atomic Core) yang akan diperhitungkan faktor keselamatannya berdasarkan studi neutronik dengan empat jenis bahan bakar yaitu campuran thorium dan uranium, *grade plutonium-thorium*, *super grade plutonium-thorium*, *weapon grade plutonium-thorium*. Pada setiap jenis bahan bakar tersebut akan dicari komposisi setiap nuklida pada masing masing daerah teras reaktor yang mampu mempertahankan tingkat kritis reaktor saat beroperasi 15 tahun.

1.2 Kerangka dan Ruang Lingkup

1.2.1 Kerangka Penelitian

Penelitian ini melakukan studi pada reaktor garam cair dalam bentuk modul dengan menggunakan beberapa jenis variasi bahan bakar. Reaktor didesain berdasarkan modularisasinya dengan ukuran yang kecil dan menggunakan bahan bakar thorium yang kandungannya melimpah di alam dengan variasi campuran uranium dan plutonium. Reaktor garam cair memiliki *freeze plug* yang terhubung dengan tangki daruratnya yang khas dari reaktor ini dengan upaya peningkatan keselamatan.

1.2.2 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini difokuskan pada studi neutronik yang memiliki tujuan agar mengetahui kondisi kritis dari reaktor berdasarkan faktor multiplikasi efektif serta rasio konversi dengan empat jenis bahan bakar pada tiga daerah teras reaktor.

1.3 Rumusan Masalah

Penelitian ini berupa simulasi yang dilakukan pada SRAC dengan mendesain reaktor garam cair menggunakan empat jenis bahan bakar yaitu campuran thorium dan uranium, *grade plutonium-thorium*, *super grade plutonium-thorium*, *weapon grade plutonium-thorium*. Pada penelitian kali ini didesain reaktor garam cair yang didesain berdasarkan modularisasinya yang kecil sehingga dapat dipelajari bagaimana desain reaktor garam cair dan penggunaan empat jenis bahan bakar dengan fraksi yang berbeda pada tiga daerah teras yang mempengaruhi tingkat kekritisan reaktor.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian pada tugas akhir ini yaitu mendesain reaktor garam cair pada SRAC dengan modularisasi yang kecil menggunakan bahan bakar thorium dengan campuran uranium dan plutonium yang komposisinya divariasikan hingga diperoleh komposisi yang mampu mempertahankan kondisi reaktor selama 15 tahun serta dilakukan studi neutronik yang mencakup faktor multiplikasi efektif dan rasio konversi.

1.5 Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini dilakukan menggunakan tiga metode pengumpulan data yaitu:

1. Studi Literatur

Pengumpulan referensi yang mencakup topik yang membahas mengenai penelitian yang serupa dengan yang akan dilakukan ini merupakan metode studi literatur yang dilakukan pada tahap pertama. Hasil dari publikasi peneliti seperti jurnal kemudian buku dan skripsi yang memiliki kaitan dengan penelitian yang akan dilakukan dan beberapa penelitian yang sebelumnya telah dilakukan.

2. Eksperimen

Eksperimen yang berupa simulasi untuk desain reaktor yang memiliki faktor keselamatan yang baik dengan modularisasi yang kecil dilakukan pada software SRAC untuk memudahkan dalam desain reaktor kemudian dilakukan studi neutronik dengan empat jenis bahan bakar.

3. Observasi

Pengambilan data dilakukan pada metode ini. Reaktor garam cair dengan modularisasi yang kecil dengan bahan bakar thorium dengan variasi campuran uranium dan plutonium yang telah didesain dijalankan kemudian dihasilkan nilai faktor multiplikasi efektif setelah itu dilakukan studi neutronik.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika dari penelitian tugas akhir ini yang diuraikan sebagai berikut.

1. BAB 1

Pendahuluan. Latar belakang mengenai kondisi saat ini yang mendukung dilakukannya studi dengan modularisasi yang kecil menggunakan bahan bakar thorium dengan variasi campuran uranium dan plutonium yang disimulasikan pada software SRAC, rumusan masalah dari penelitian, tujuan dilakukannya penelitian, metode untuk mengumpulkan data dari penelitian yang telah dilakukan.

2. BAB 2

Dasar teori. Teori dasar yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan dideskripsikan pada bab ini.

3. BAB 3

Metode Penelitian. Pada bab ini akan dideskripsikan mengenai waktu dan tempat dilakukannya penelitian, alat dan bahan yang dibutuhkan serta penjelasan dari proses penelitian yang dilakukan.

4. BAB 4

Pembahasan. Data yang telah diperoleh dari hasil penelitian mengenai desain reaktor yang sesuai dengan kriteria reaktor yang baik dari segi faktor keselamatannya dan dilakukan studi neutronik pada tiga daerah teras reaktor garam cair dengan modularisasi yang kecil pada SRAC dari data yang diperoleh.

5. BAB 5

Penutup. Pada bab ini diberikan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan serta beberapa saran untuk pengembangan dari penelitian ini.