DISAIN KODE KOMPUTASI ANALISIS *BURNUP* 3 DIMENSI PADA REAKTOR PEMBIAK CEPAT

Skripsi

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Sains

Program Studi Fisika
Jurusan Fisika

TRI HANDAYANI
05 135 013

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG

2010

DISAIN KODE KOMPUTASI ANALISIS *BURNUP* 3 DIMENSI PADA REAKTOR PEMBIAK CEPAT

Abstrak

Telah dilakukan disain kode komputasi untuk Analisis *Burnup* pada Reaktor Pembiak Cepat menggunakan bahasa pemograman Delphi 7.0. Disain dirancang untuk geometri teras reaktor 3 dimensi XYZ yang berbentuk kubus (seimbang/*balance*, x = y = z) dengan menggunakan bahan bakar UN-PuN (Nitrida). Simulasi disain diawali dengan perhitungan densitas awal, dilanjutkan dengan penyelesaian persamaan difusi multigrup untuk mendapatkan faktor multiplikasi, distribusi fluks neutron, dan distribusi daya. Nilai fluks neutron digunakan untuk menghitung perubahan densitas nuklida dalam analisis *burnup* (susutan bahan bakar). Hasil perubahan densitas nuklida digunakan untuk menghitung nilai *Breeding Ratio* (BR) dan *Burnup* (B). Contoh dari hasil simulasi melalui kode komputasi yang didisain memperlihatkan perubahan densitas setiap interval waktu tertentu. Selain itu nilai *Breeding Ratio* (BR) untuk 1 siklus (4 tahun) menurun, tetapi masih dalam rentang nilai BR > 1. Nilai *Burnup* untuk 1 siklus (4 tahun) meningkat seiring dengan banyaknya nuklida dalam bahan bakar yang berfisi (terjadi penambahan densitas nuklida dalam bahan bakar seperti ^{234}U, ^{236}U, ^{237}Np, ^{238}Np, ^{239}Pu, ^{240}Pu, ^{241}Am, ^{243}Am).

Kata Kunci : *Breeding Ratio*, *Burnup*, Densitas, Fluks, Reaktor Pembiak Cepat

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Krisis energi yang terjadi belakangan ini diakibatkan oleh berkurangnya sumber energi yang berbasis fosil (minyak bumi, batu bara dan gas alam). Hal ini yang menjadi salah satu pemicu dikembangkannya reaktor nuklir sebagai suatu sumber energi alternatif. Energi yang dihasilkan dari suatu reaktor nuklir lebig efisien daripada energi yang dihasilkan dari bahan bakar fosil. Sebagai gambaran, perbandingan panas yang dihasilkan dari uranium alam adalah 500.000 MJ/kg sedangkan panas yang dihasilkan oleh batu bara sekitar 24 hingga 30 MJ/kg (World Nuclear Association, 2009). Perbandingan lainnya adalah 1 gram nuklida ^{235}U melepaskan energi sebesar 1 MW setara dengan energi yang dihasilkan dari pembakaran 2,6 ton batu bara (Beiser, 1987).

Reaktor nuklir bekerja berdasarkan prinsip pembelahan inti secara berantai dan kontinu, dimana inti dari bahan bakar ditumbuk oleh neutron sehingga menghasilkan dua inti baru, beberapa neutron dan sejumlah energi. Energi yang dihasilkan dari peristiwa ini cukup besar. Jika ^{235}U terbelah menjadi 2 inti baru maka akan menghasilkan energi kinetik rata-rata sekitar 200 MeV (Duderstadt, 1976). Bahan bakar utama sebuah reaktor nuklir berupa bahan fisil yaitu bahan yang sangat mudah berfisi seperti ^{233}U, ^{235}U, ^{239}Pu, dan ^{241}Pu.

Uranium alam mengandung sekitar 0,72% ^{235}U yaitu bahan yang mudah berfisi (bahan fisil) dan 99,28% ^{238}U (bahan fertil) yaitu bahan yang berpotensi untuk

dapat diubah menjadi bahan fisil melalui proses tangkapan neutron pada energi kurang dari 1 MeV. Bahan fertil selain ^{238}U adalah ^{233}Th yang juga banyak terdapat di alam. Berlimpahnya jumlah bahan fertil dalam uranium alam dan thorium alam dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif untuk mengatasi krisis energi saat ini dengan pemanfaatannya pada reaktor. Untuk itu telah dirancang suatu jenis reaktor yang dapat mengubah bahan fertil menjadi bahan fisil. Neutron berenergi tinggi yang diperoleh dari hasil fisi dimanfaatkan untuk mengubah bahan fertil menjadi bahan fisil sehingga pada reaktor jenis ini tidak diperlukan moderator untuk mentermalkan energi neutron seperti yang terdapat pada reaktor termal. Reaktor yang bekerja dengan mekanisme seperti ini dikenal dengan reaktor cepat. Dengan demikian reaktor cepat ini menguntungkan dari segi efisiensi bahan bakar dan selain itu ukuran reaktor juga dapat diperkecil. Jika suatu reaktor cepat dapat memproduksi bahan fisil yang lebih banyak daripada bahan fisil yang digunakan (*Breeding Ratio* atau BR > 1) maka reaktor ini disebut reaktor pembiak cepat (*Fast Breeder Reactor*).

Pada proses perancangan suatu disain reaktor diperlukan analisis yang begitu kompleks, meliputi aspek neutronik, termohidrolik dan aspek keamanan yang harus terintegrasi satu sama lain. Hal yang menjadi prioritas penting dalam suatu disain reaktor adalah masalah keamanan reaktor. Kejadian Chernobyl (1986) dan Three Mile Island (1979) merupakan contoh dari kecelakaan yang terjadi pada reaktor nuklir. Peristiwa ini memicu semakin berkembangnya penelitian mengenai reaktor nuklir terutama dari aspek keamanan reaktor. Untuk dapat mengurangi tingkat

kesalahan dalam disain reaktor yang dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan nuklir maka perlu dilakukan simulasi secara komputasi terlebih dahulu.

Selama reaktor beroperasi beberapa atom bahan bakar akan mengalami pembelahan dan sebagian akan berubah menjadi unsur aktinida yang memiliki nomor massa yang lebih tinggi melalui tangkapan neutron. Proses ini menyebabkan komposisi bahan bakar dalam teras reaktor akan mengalami perubahan dari waktu ke waktu, secara umum disebut susutan bahan bakar (*burnup*). Susutan bahan bakar dipengaruhi oleh fraksi volume serta komposisi bahan bakar di teras. Analisis terhadap perubahan bahan bakar di dalam teras ini begitu komplek karena variasi komposisi isotopik terhadap ruang dan waktu bergantung pada distribusi fluks neutron. Untuk dapat mengamati perubahan bahan bakar selama reaktor beroperasi dapat dilakukan dengan analisis susutan bahan bakar (*burnup*) secara simulasi komputasi.

Penelitian yang berkaitan dengan analisis *burnup* telah dilakukan sebelumnya untuk geometri teras 2 dimensi (R-Z) berbentuk silinder yaitu penelitian untuk mengetahui karakteristik *burnup* pada reaktor cepat (Fitriyani, 2000) dan analisis pembiakan (*breeding*) Pu-239 pada reaktor pembiak cepat (Arisa, 2007). Adapun penelitian yang akan dilakukan adalah mengembangkan rancangan kode komputasi untuk analisis *burnup* pada geometri teras 3 dimensi (XYZ) berbentuk kubus. Hasil penelitian diharapkan mampu memberikan gambaran yang lebih teliti mengenai analisis *burnup* pada reaktor cepat.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Telah dilakukan perancangan kode komputasi untuk simulasi *burnup* 3 dimensi pada jenis reaktor cepat *Fast Breeder Reactor* (FBR) dengan menggunakan program Delphi 7. Jenis reaktor FBR dipilih karena mampu menghasilkan bahan fisil yang lebih banyak daripada bahan fisil yang digunakan. Hal ini sangat bermanfaat dalam efisiensi penggunaan bahan bakar reaktor melalui siklus bahan bakar tertutup.

Analisis terhadap hasil simulasi contoh perhitungan memberikan gambaran mengenai konsep dasar analisis *burnup*. Hasil analisis untuk contoh perhitungan tersebut dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Kebanyakan nuklida mengalami kenaikan harga densitas selama reaktor beroperasi, terutama untuk nuklida ^{237}Np, ^{240}Pu, ^{241}Am, dan ^{244}Cm.
2. Nilai *breeding ratio* (BR) yang diperoleh besar dari 1 (BR > 1), hal ini menunjukkan bahwa bahan fisil yang diproduksi lebih banyak daripada bahan fisil yang digunakan.
3. Nilai *burnup* (B) untuk 1 siklus (4 kali iterasi) berkisar dari 1 % sampai dengan 4%. Nilai ini menyatakan bahwa dalam FBR bahan bakar mampu berfisi dengan baik. Secara teoritik suatu rancangan FBR memiliki nilai berkisar antara 1 % sampai 10 %.

DAFTAR PUSTAKA

Arisa, D., 2007, *Analisis Pembiakan(Breeding) Pu239 pada Reaktor Pembiak Cepat Berpendingin Logam Cair (LMFBR) dengan Variasi Geometri Teras dan Ukuran Teras Reaktor*, Skripsi, Jurusan Fisika, UNAND, Padang

Beiser, A., 1987, *Konsep Fisika Modern*, Erlangga, Jakarta

Duderstadt, J.J. dan Hamilton, L.J., 1976, *Nuclear Reactor Analysis*, Jhon Wiley & Sons, Inc., Kanada

Fitriyani, D., 2000, *Karakteristik Burn-Up pada Disain Reaktor Cepat Berukuran sedang dengan Daur Ulang Aktinida*, Tesis Magister, Departemen Fisika, ITB, Bandung

Fitriyani, D., 2006, *Studi Disain Reaktor Daya Nuklir Berbasis Kapal*, Disertasi, Departemen Fisika, ITB, Bandung

Krane, K.S., 1988, *Introductory Nuclear Physics*, Jhon Wiley & Sons, Inc., Kanada

Sekimoto, H. dan Udagawa, Y., 2006, *Efects of Fuel and Coolant Temperatures and Neutron Fluence on CANDLE Burnup Calculation, Journal of NUCLEAR SCIENCE and TECHNOLOGY*, Vol.43 No.2

Su'ud, Z., 1998, FIITB-CHI : *A computer Code for Nuclear Reactor Cell Homogenization Calculation, Proccedings of Computation in Nuclear Science & Technologi* VII, Jakarta

Su'ud, Z. dan Fitriyani, D., 2005, *Design Study of Ship Based Nuclear Power Reactor (Core Geometry Optimization), Indonesian Journal of Physics*, Vol.16 No.4

Su'ud, Z. dan Sita, R., 2007, *Design Study of Long Life Pb-Bi Cooled Reactors With Natural Uranium as Fuel Cycle Input Using Radial Fuel Shuffling Strategy, Indonesia Journal of Physics*, Vol.18 No.1

Su'ud, Z. dan Yulianti, Y., 2007, *Development of Three Dimensional Accident Analysis Code for Pb-Bi Cooled Tank type Fast Reactors, International Conference on Advances in Nuclear Science and Engineering in Conjunction with* LKSTN