

**PENGARUH GEOMETRI TERAS TERHADAP
TRANSMUTASI BAHAN BAKAR PADA REAKTOR PEMBIAK CEPAT
DENGAN SIKLUS BAHAN BAKAR TERTUTUP**

Skripsi

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Sains

**Program Studi Fisika
Jurusan Fisika**



oleh

ANTON BASRI
05 135 042

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2010**

PENGARUH GEOMETRI TERAS TERHADAP TRANSMUTASI BAHAN BAKAR PADA REAKTOR PEMBIAK CEPAT DENGAN SIKLUS BAHAN BAKAR TERTUTUP

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh geometri teras terhadap transmudasi bahan bakar pada reaktor pembiak cepat dengan siklus bahan bakar tertutup. Penelitian dilakukan menggunakan program DTRIDI FBR dengan memvariasikan geometri teras untuk reaktor pembiak cepat berpendingin logam cair (Pb-Bi) yang beroperasi selama 20 tahun berbahan bakar UN-PuN (Nitrida). Dari hasil keluaran program untuk semua model teras reaktor, dilakukan analisis tentang perubahan harga faktor multiplikasi neutron (k_{eff}), perubahan nilai *Burnup*, perubahan nilai *Breeding Ratio*, dan perubahan densitas bahan fertil dan fisil di dalam teras reaktor. Dari keseluruhan model teras reaktor yang diamati, model G5 ($Z \gg X$) memberikan hasil yang terbaik dengan mempertahankan harga k_{eff} dalam batas toleransi reaktifitas (β) $\pm 0,05$ selama 13 tahun. Nilai *breeding ratio* (BR) untuk seluruh model teras masih dalam rentang yang diharapkan ($BR > 1$), namun nilai BR paling baik diberikan oleh model teras G1 ($Z \ll X$). Nilai *burnup* untuk keseluruhan model meningkat seiring dengan banyaknya nuklida yang berfisi di dalam teras reaktor dan yang paling baik diberikan oleh model teras G1. Beberapa nuklida baru hasil transmudasi bahan bakar muncul di dalam teras reaktor, contohnya ^{241}Am .

Kata Kunci : Transmutasi, Reaktor Pembiak Cepat, Siklus Bahan Bakar Tertutup, Geometri Teras, *Breeding Ratio*, *Burnup*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi mempunyai peranan penting dalam kehidupan manusia. Pemakaian energi dunia untuk waktu mendatang seperti diperkirakan *Energy Information Administration* (EIA) hingga tahun 2025 masih didominasi oleh bahan bakar dari fosil seperti minyak, gas alam dan batubara, sedangkan untuk energi terbarukan masih relatif sedikit (www.lemhannas.go.id). Kenyataannya tidak lagi ditemukan cadangan sumber energi berbasis fosil dalam jumlah yang besar pada rentang waktu terakhir ini.

Uranium alam mengandung sekitar 0,72% ^{235}U yang disebut bahan fisil yaitu bahan yang mudah berfisi dan 99,28% ^{238}U yang merupakan bahan fertil, yaitu bahan yang berpotensi untuk dapat diubah menjadi bahan fisil. Bahan bakar utama dari suatu reaktor menggunakan bahan fisil, tetapi berlimpahnya jumlah bahan fertil dalam uranium alam diharapkan dapat dimanfaatkan untuk mengatasi krisis energi sehingga memberikan solusi terhadap ketersediaan energi jangka panjang dengan memanfaatkannya dalam reaktor. Telah dikembangkan suatu jenis reaktor cepat yaitu reaktor yang dapat mengubah bahan fertil menjadi bahan fisil dengan memanfaatkan neutron berenergi tinggi. Telah diketahui bahwa melalui tangkapan neutron pada energi sekitar 1 MeV, ^{238}U dapat diubah menjadi bahan fisil, ^{239}Pu . (Waltar, 1981)

Jika suatu reaktor cepat dapat memproduksi bahan fisil yang lebih banyak daripada bahan fisil yang digunakan, reaktor ini disebut reaktor pembiak cepat (*Fast Breeder Reactor*). Reaktor pembiak cepat memiliki karakteristik khusus yaitu dapat membiakkan bahan bakar, namun pembangkitan energi yang cukup besar pada teras reaktor disertai dengan peningkatan unsur-unsur aktinida yang bersifat radioaktif. Untuk mengatasi jumlah aktinida yang dihasilkan oleh reaktor sebagai limbah, dapat dilakukan dengan siklus bahan bakar tertutup, yaitu dengan mendaur ulang unsur-unsur aktinida tersebut sehingga dapat dimanfaatkan kembali sebagai bahan bakar.

Perhitungan *Burnup* merupakan salah satu perhitungan standar untuk menganalisis bahan bakar reaktor, dari perhitungan ini keadaan siklus bahan bakar dan kaitannya dengan reaktivitas teras selama reaktor beroperasi dapat dipantau. Dengan demikian, pola pemakaian bahan bakar dan syarat-syarat operasional reaktor dapat diperkirakan seperti geometri teras, lamanya reaktor dapat beroperasi tanpa pengisian ulang bahan bakar (*refueling*) dan perubahan densitas unsur-unsur aktinida selama operasi.

Pada penelitian ini dilakukan analisis pengaruh geometri teras terhadap transmudasi bahan bakar pada reaktor pembiak cepat dengan siklus bahan bakar tertutup (*closed fuel cycle*) yang dapat secara otomatis mendaur-ulang bahan radioaktif (unsur-unsur aktinida) untuk dimanfaatkan kembali sebagai bahan bakar oleh reaktor tersebut. Optimasi disain dilakukan dengan memvariasikan ukuran teras reaktor pada interval waktu *refuelling* tertentu. Dari penelitian ini diharapkan akan diperoleh suatu disain reaktor pembiak cepat yang memiliki

efisiensi bahan bakar optimal dan dapat beroperasi dalam waktu yang lama (*long life*) tanpa *refuelling*.

Perhitungan dan disain teras reaktor pada penelitian ini dilakukan secara simulasi komputasi dengan menggunakan program DTRIDI FBR. Perhitungan diawali dengan penentuan faktor multiplikasi neutron, distribusi fluks neutron dan distribusi daya yang didapatkan dari penyelesaian persamaan difusi neutron secara numerik. Hasil penyelesaian persamaan ini digunakan untuk analisis penyusutan bahan bakar (analisis *burnup*). Selama reaktor beroperasi akan dilakukan pengamatan terhadap perubahan nilai faktor multiplikasi neutron (k_{eff}), perubahan nilai densitas aktinida, perubahan nilai *burnup* dan perubahan nilai *breeding ratio*.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh geometri teras terhadap transmudasi bahan bakar pada reaktor pembiak cepat dan kinerja reaktor secara umum. Dengan memvariasikan ukuran teras diharapkan akan didapatkan disain geometri teras reaktor pembiak cepat yang dapat beroperasi dalam waktu yang lama dengan kemampuan *breeding* yang baik.

1.3 Manfaat penelitian

Dengan diperolehnya disain teras reaktor pembiak cepat yang dapat beroperasi dalam waktu yang lama tanpa pengisian ulang diharapkan :

1. Bila disain teras reaktor hasil simulasi tersebut diterapkan pada reaktor pembiak cepat diharapkan reaktor tersebut akan menjadi sumber energi

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Analisis terhadap hasil simulasi untuk model teras reaktor yang pipih hingga teras reaktor yang paling tinggi (G1-G5) memberikan gambaran mengenai pengaruh geometri teras terhadap transmudasi bahan bakar pada reaktor pembiak cepat. Dari hasil analisis tersebut dapat disimpulkan :

1. Dalam tinjauan harga multiplikasi neutron yang masih dalam batas toleransi nilai reaktifitas teras, ($k_{eff} = 1,05$), maka reaktor dengan model teras G5 ($Z \gg X$) memberikan waktu operasi yang paling lama yaitu 13 tahun.
2. Transmutasi bahan bakar dapat diamati dari perubahan densitas nuklida di dalam teras. Model teras G1 ($Z \ll X$) memberikan penurunan nilai densitas bahan fertil paling cepat karena pada teras yang pipih neutron lebih banyak berinteraksi dengan bahan fertil daripada interaksi neutron dengan bahan reflektor. Seiring dengan menurunnya bahan fertil, kenaikan bahan fisil terbesar diberikan oleh model teras G1. Untuk semua model teras, pada akhir siklus muncul beberapa nuklida baru hasil transmudasi bahan bakar reaktor.
3. Model teras reaktor yang paling tinggi (G5) memberikan nilai *burnup* yang baik (1%-10%) untuk waktu yang paling lama yaitu selama 13 tahun.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- 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
- Bciser, 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
- Handayani, T., 2010, *Disain Kode Komputasi Analisis Burnup 3 Dimensi pada Reaktor Pembiak Cepat*, skripsi, Jurusan Fisika, UNAND, Padang.
- Marsodi., 1994, *Analisis Tingkat Bahaya Pada Paska Perlakuan Daur Ulang Pembakaran/Transmutasi Aktinida*, *Proceedings of Computation in Nuclear Science & Teknologi IV*, Jakarta
- Susilo, J., 2000, *Transmutasi Aktinida Minor dengan BWR Berbahan Bakar Campuran Oksida*, *Proceedings of Computation in Nuclear Science & Teknologi X*, Jakarta
- Su'ud, Z., 1998, *FITB-CHI : A computer Code for Nuclear Reactor Cell Homogenization Calculation*, *Proceedings of Computation in Nuclear Science & Teknologi 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
- Takahashi, M., 2004, *Conceptual Design And R&D Of Steam Lift Pump Type Lead-Bismuth Colled Boiling Water Small Fast Reactor*, *COE-INES Newsletter*, Vol 1 No.6.