ANALISIS DIFUSI NEUTRONIK PADA REAKTOR CEPAT LMFBR DENGAN VARIASI BAHAN PENDINGIN (Na, Pb, Pb-Bi)

Skripsi

Tugas Akhir untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains Ilmu Fisika dari Universitas Andalas





Nurwinda 03 135 022

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG

i

ANALISIS DIFUSI NEUTRONIK PADA REAKTOR CEPAT LMFBR DENGAN VARIASI BAHAN PENDINGIN (Na, Pb, Pb-Bi)

ABSTRAK

Telah dilakukan simulasi perhitungan difusi neutronik pada reaktor cepat jenis LMFBR (Liquid Metal Fast Breeder Reactor) menggunakan bahasa pemrograman Delphi 7.0. Optimasi dilakukan untuk variasi tiga jenis bahan pendingin logam cair yaitu Natrium, Timbal dan Timbal-Bismuth (Na, Pb, Pb-Bi). Tinjauan terhadap sifat-sifat neutronik meliputi nilai faktor multiplikasi, distribusi fluks dan distribusi daya dilakukan untuk mengetahui pengaruh ketiga jenis bahan pendingin terhadap kinerja teras reaktor. Untuk analisis lebih lanjut penempatan bahan fertil (blanket) divariasikan pada posisi pusat teras (inner) dan pada teras bagian tepi (outer). Langkah awal penelitian adalah menetapkan spesifikasi desain reaktor yang akan disimulasikan. Proses perhitungan diawali dengan menghitung fraksi volume dan densitas atom untuk setiap bagian teras, kemudian dilanjutkan dengan perhitungan difusi untuk memperoleh nilai multiplikasi dan distribusi fluks neutron yang kemudian dipakai untuk menentukan distribusi daya. Analisis terhadap hasil perhitungan menunjukkan bahwa penggunaan Pb-Bi pada desain reaktor cepat yang disimulasikan memberikan karakteristik neutronik yang optimal dengan menempatkan posisi blanket di bagian dalam teras (inner blanket).

Kata Kunci : difusi neutron, distribusi fluks, distribusi daya, bahan pendingin.

BABI

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi kebutuhan manusia terhadap energi terus meningkat, khususnya energi listrik. Sementara persediaan sumber daya alam untuk pemenuhan kebutuhan energi manusia tersebut semakin berkurang. Persediaan alam yang mulai menipis ini mulai menjadi masalah, sedangkan untuk memperbaharui kembali bahan baku sumber energi berbasis fosil yang selama ini berasal dari hasil fosilisasi (minyak bumi dan batubara khususnya) sulit dilakukan. Oleh karena itu dibutuhkan suatu sumber energi alternatif untuk membantu mengatasi masalah krisis energi ini.

Reaktor nuklir menjadi salah satu sumber energi alternatif yang menjanjikan sebagai solusi bagi permasalahan krisis energi. Hal ini dapat dilihat dari beberapa kelebihan yang dimiliki reaktor nuklir dibandingkan dengan pembangkit energi konvensional berbasis bahan fosil. Perbandingan energi yang dapat dihasilkan dari 1 gr material fisil dengan 1 gr karbon diperoleh angka yang menakjubkan. Terdapat perbedaan yang sangat besar (sekitar 3x 10⁶ kali). Dari konversi satuan dapat disimpulkan bahwa 1 gr bahan material fisil ini menghasilkan energi yang bisa di sebandingkan dengan energi hasil pembakaran 2,6 ton senyawa karbon. (Walter, 1981)(Beiser, 2000)

Selain itu keuntungan lain yang dimiliki reaktor nuklir adalah daya dukungnya dalam mengurangi pemanasan global. Pada proses operasi normal reaktor nuklir tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca sehingga tidak mencemari udara karena pada prosesnya reaktor tidak menghasilkan gas berbahaya seperti karbon monoksida, sulfur dioksida, aerosol dan lain-lain. Efektifitas bahan bakar reaktor nuklir juga sangat tinggi (dapat terlihat dari perbandingan hasil energi yang diperoleh) dan ketersediaan bahan bakarnya di alam masih berlimpah. Pada operasi normal reaktor nuklir menghasilkan limbah padat yang sedikit namun tetap membutuhkan perhatian khusus.

Reaktor nuklir bekerja berdasarkan prinsip reaksi pembelahan inti (fisi) secara berantai dan kontinu yang terkendali. Reaksi berantai terjadi di dalam teras reaktor ketika suatu inti atom terbelah menjadi dua inti baru yang disebabkan karena tumbukan neutron. Reaksi neutron datang tadi selain menghasilkan dua inti baru juga menghasilkan dua sampai tiga buah neutron baru sambil melepaskan energi. Energi ini yang kemudian dimanfaatkan lebih lanjut sebagai pembangkit panas yang selanjutnya diubah menjadi energi listrik.

Berdasarkan energi neutronnya reaktor dikelompokkan atas reaktor termal dan reaktor cepat. Reaktor termal adalah reaktor fisi yang menggunakan neutron termal pada proses reaksinya. Reaktor termal ini umumnya menggunakan bahan bakar ²³⁵U, dimana bahan bakar jenis ini akan berfisi dengan baik pada suhu termal. Neutron cepat yang datang diperlambat menggunakan moderator sehingga dihasilkan neutron lambat pada suhu termal. Reaktor cepat adalah reaktor yang memanfaatkan neutron cepat pada proses reaksi fisinya. Pada reaktor ini neutron cepat yang datang langsung dimanfaatkan untuk reaksi tanpa ada proses perlambatan. Sehingga rancangannya menjadi lebih sederhana karena tidak

membutuhkan moderator. Pada reaktor cepat neutron berenergi sekitar 1 Mev mampu mengubah bahan fertil (seperti ²³⁸U yang berlimpah di alam) menjadi bahan fisil (seperti ²³⁵U yang hanya 0,72% keberadaannya di alam). Dengan demikian reaktor cepat mempunyai peluang yang besar untuk mengatasi keterbatasan sumber energi dimasa datang.

Kelebihan lain reaktor cepat adalah waktu operasinya yang lebih panjang karena kemampuannya mengolah kembali sisa bahan bakar awalnya (berupa unsur radioaktif aktinida) untuk digunakan kembali sebagai bahan bakar pada proses selanjutnya, sehingga bahan bakar dapat dimanfaatkan dengan lebih efisien. Pemanfaatan bahan bakarnya dapat optimal dikarenakan reaktor jenis ini memiliki rasio pembiakan yang cukup tinggi.

Dalam perancangan reaktor nuklir sangat diperlukan adanya analisis yang komprehensif. Secara umum analisis tersebut meliputi analisis neutronik, analisis termohidrolik, dan analisis keselamatan. Produksi energi yang terjadi pada sistem reaktor sangat bergantung pada produksi neutron di teras reaktor tersebut. Sementara peluruhan neutron berlangsung secara spontan. Sehingga pada analisis neutronik pengendalian dari produksi neutron ini sangat menjadi perhatian penting. Analisis neutronik berkaitan dengan manajemen bahan bakar nuklir, meliputi proses pembakaran dan pengolahan bahan bakar serta susutan bahan bakar (hurn up) yang terjadi pada teras reaktor.

Serangkaian perhitungan neutronik pada perancangan reaktor nuklir sangat diperlukan untuk mengetahui informasi seperti inventori dan fraksi fisil yang dibutuhkan, data siklus bahan bakar, distribusi fluks dan distribusi daya. Analisis neutronik diawali dengan penyelesaian persamaan difusi untuk memperoleh gambaran distribusi neutron, faktor multiplikasi dan distribusi daya di dalam reaktor tersebut. Interaksi antara distribusi daya dengan produksi ataupun penyusutan bahan bakar di teras ini diperoleh melalui perhitungan burn-up. Dari perhitungan inilah keadaan siklus bahan bakar dan keamanan reaktor dapat dianalisis lebih lanjut.

Telah banyak dilakukan penelitian yang juga membahas tinjauan secara neutronik. Beberapa diantaranya yaitu Analisis bahan bakar dengan variasi geometri dan ukuran teras (Arisa, 2008), Penentuan kekritisan teras reaktor nuklir 3-D berukuran kecil dengan bahasa Delphi (Hamdi, 2003) dan Karakteristik Burn-Up pada disain reaktor cepat berukuran sedang dengan daur ulang aktinida (Fitriyani, 2000). Untuk penelitian ini tinjauan neutronik diarahkan pada analisa difusi dengan variasi bahan pendingin.

Energi yang lepas pada proses pembelahan inti atom ²³⁵U (rata-rata sebesar 200 Mev) yang terjadi di teras reaktor hampir seluruhnya dalam bentuk kalor. Pendingin bertujuan menyalurkan panas yang terjadi agar sistem tetap terkendali. Sesuai fungsinya, pendingin yang digunakan haruslah memiliki beberapa sifat standar yaitu, mempunyai kemampuan serap neutron yang rendah, daya pindah kalor yang baik, titik bekunya rendah sementara titik didihnya tinggi, stabil dalam radiasi dan suhu tinggi, bersifat tidak korosi dan aman dalam penanganan.

Untuk memenuhi kriteria tersebut pada reaktor cepat digunakan logam cair sebagai bahan pendinginnya. Pemilihan bahan ini tentu saja sesuai dengan syarat ideal yang ingin dicapai dari karakteristik pendingin dan optimasi yang ingin dicapai. Pendingin yang selama ini sering digunakan untuk reaktor cepat adalah Natrium (Na), namun unsur ini cukup rawan menyebabkan terjadinya kebakaran. Kemudian ditemukan bahwa terdapat beberapa alternatif lain, diantaranya timah hitam atau lebih dikenal sebagai timbal (Pb) dan timbal-bismuth (Pb-Bi). Analisis kedua bahan ini menunjukkan hasil yang sangat baik namun tetap memerlukan penanganan khusus untuk mengurangi terjadinya korosi material selama reaktor beroperasi.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh karakteristik distribusi neutronik dari penggunaan 3 jenis pendingin (Na, Pb-Bi, dan Pb) pada reaktor cepat berukuran sedang. Analisis dilakukan untuk mengetahui jenis bahan pendingin yang memiliki sifat neutronik optimal sehingga dapat dilakukan pemilihan jenis pendingin yang sesuai dengan kebutuhan optimasi yang ingin dicapai. Selain variasi pada bahan pendingin variasi lainnya juga dilakukan pada posisi *blanket* (bahan fertil) di teras reaktor.

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini analisis hanya dilakukan terhadap hasil perhitungan persamaan difusi multigrup yang meliputi faktor multiplikasi, distribusi fluks dan distribusi daya pada teras reaktor.

Simulasi pada penelitian ini menggunakan bahasa pemrograman Borland Delphi 7.0. dengan pembagian numerik pada beberapa kelas dan fungsi, dimana program yang digunakan merupakan modifikasi dari kode computer FI-ITBCHI.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil simulasi dipeoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Rancangan reaktor yang disimulasikan bekerja dengan baik, ditandai dengan tercapainya kekritisan reaktor selama operasi berlangsung. Ini diperlihatkan oleh nilai faktor multiplikasi yang bernilai ≈ 1 dan kondisi ini berhasil dipertahankan selama reaktor dioperasikan pada seluruh model disain.
- Pada disain reaktor yang seragam, distribusi fluks neutron dengan posisi blanket Outer mencapai nilai tertinggi untuk penggunaan bahan pendingin Na. Untuk disain blanket inner nilai distribusi fluks terbesar ditunjukkan pada penggunaan bahan pendingin Pb-Bi.
- Dari nilai power peaking factor yang diperoleh terlihat bahwa untuk disain teras yang baik adalah dengan penempatan blanket inner.
- Penggunaan bahan pendingin Pb-Bi memberikan karakteristik neutronik yang lebih optimal dengan menempatkan blanket di bagian dalam teras.

DAFTAR PUSTAKA

- Arisa, D., Analisis Pembiakan (Breeding) Plutonium-239 pada Reaktor Pembiak Cepat Berpendingin Logam Cair (LMFBR) dengan Variasi Geometrid dan Ukuran Teras Reaktor, Skripsi Sarjana, UNAND, Padang, 2008.
- Beiser, A., Konsep Fisika Modern, Erlangga, Jakarta, 2000.
- Duderstadt J. J. dan Hamilton L. J., Nuclear Reactor Analysis, John Wiley & Sons, 1976.
- Fitriyani, D., Karakteristik Burnup pada Disain Reaktor Cepat Berukuran Sedang dengan Daur Ulang Aktinida, Tesis Magister, ITB, Bandung, 2000.
- Hamdani, D., Penentuan Kekritisan Teras Reaktor Nuklir 3-D Berukuran Kecil dengan Menggunakan Bahasa Pemrograman Delphi, Universitas Andalas, Padang, 2003
- Kadir, A., Dasar Pemrograman Delphi 5.0 Jilid 1, Andi Yogyakarta, Yogyakarta, 2001.
- Kenneth S. Krane, Introductory Nuclear Physics, John Wiley & Sons, Inc. 1988.
- Takahashi, M. Conceptual Design and R & D of Steam Lift Pump Type Lead-Bismuth Cooled Boiling Water Small Fast Reactor vol 1 no.6., COE-INES Newsletter, 2004.
- Walter A. E., dan Reynolds, A. B., Fast Breeder Reactor, Pergamon Press, 1981.