

**OPTIMASI DIMENSI BAHAN BAKAR
UNTUK REAKTOR BERBAHAN BAKAR UO_2
DENGAN MODERATOR DAN PENDINGIN AIR RINGAN (H_2O)**

Skripsi

untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana S-1



Disusun oleh :

FIKRIANDANI AFI LULIA

J2D005168

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

2009

ABSTRACT

Research of optimization fuel dimension have been done for PWR type with UO_2 fuel, light water (H_2O) moderators and coolant. Design of heterogeneous reactor use finite cylinder reactor core geometry.

MCNP (Monte Carlo for Neutron and Particle) was to simulated a random process. Monte Carlo method use probability theory and each event looked as a different event than before. Reactor critical condition can be known from effective multiplication factor (k_{eff}) value. From critical condition can be determined fuel critic dimension. Variation of fuel dimension from 0.51275 cm into 0.59275 cm with 0.02 cm increased, while thick of gas gap, cladding, moderators, core diameter and core high are constant. K_{eff} value can be calculated with eight fuel assembly coated.

Simulation to result in a k_{eff} value with fuel dimension from reference is 0.95884. Each increasing fuel dimension will increase k_{eff} value too. Maximal fuel radial to result in 0.99113 k_{eff} value is 0.57275 cm.

Key word : PWR, MCNP, effective multiplication factor (k_{eff})

INTISARI

Telah dilakukan penelitian mengenai optimasi dimensi bahan bakar untuk reaktor tipe PWR berbahan bakar UO_2 dengan moderator dan pendingin air ringan (H_2O). Desain reaktor heterogen menggunakan geometri teras reaktor silinder berhingga.

MCNP (*Monte Carlo for Neutron and Particle*) digunakan untuk menyimulasikan suatu proses random. Metode Monte Carlo menggunakan teori peluang dan setiap kejadian dipandang sebagai keadaan yang berdiri sendiri dan berbeda dengan keadaan sebelumnya. Reaktor pada kondisi kritis dapat diketahui dari besarnya nilai faktor penggandaan efektif (k_{eff}). Dari kondisi kritis reaktor dapat ditentukan dimensi kritis bahan bakar. Besarnya dimensi bahan bakar divariasikan mulai dari 0.51275 cm sampai 0.59275 cm dengan kenaikan sebesar 0.02 cm, sedangkan ketebalan gas gap, kelongsong, moderator, diameter teras dan tinggi teras tetap. Penentuan nilai k_{eff} berdasarkan pada pemakaian delapan lapisan perangkat bahan bakar.

Hasil simulasi yang telah dilakukan menghasilkan nilai k_{eff} dengan dimensi bahan bakar berdasarkan referensi sebesar 0.95884. Setiap penambahan dimensi bahan bakar akan meningkatkan nilai k_{eff} . Jari-jari bahan bakar maksimal yang menghasilkan nilai k_{eff} sebesar 0.99113 yaitu 0.57275 cm.

Kata kunci : PWR, MCNP, faktor penggandaan efektif (k_{eff})

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Masalah utama yang dihadapi manusia sekarang dan di masa akan datang adalah pertambahan penduduk yang juga akan meningkatkan kebutuhan bahan makanan dan energi. Dalam empat puluh tahun terakhir, energi nuklir telah menjadi sumber utama listrik dunia dengan dasar pertimbangan ekonomi dan strategi sumber daya alam. Kontribusi energi nuklir terhadap pasokan energi sekitar 6% dan pasokan listrik sekitar 17% dari total listrik dunia. Kecenderungan semakin menipisnya bahan bakar fosil, serta tidak meratanya kontribusi sumber daya energi fosil, akan mengakibatkan energi nuklir masih tetap memiliki peran yang penting. (Tuka dan Djati, 2008). Selain itu energi nuklir diperkirakan akan menggantikan peran sumber energi yang berasal dari energi fosil (minyak dan batubara) yang pada saat ini cadangannya sudah mulai menipis dan bila tidak dikelola dengan baik akan cepat habis (Wardana, 1994).

Uranium di alam jumlahnya terbatas, namun perkembangan teknologi mutakhir bisa membuat uranium menjadi efisien. Energi termal yang dihasilkan dari reaksi pembelahan 1 kg U^{235} murni besarnya 17 milyar kilo kalori atau setara dengan energi termal yang dihasilkan oleh pembakaran 2,4 juta kg atau 2.400 ton batubara (Lestari, 2007). Satu kg uranium dapat menghasilkan 50.000 kWh energi, sementara 1 kg batu bara dan 1 kg minyak hanya menghasilkan 3 kWh dan 4 kWh. Sedangkan pada sebuah reaktor berkekuatan 1000 MWt memerlukan 2.600.000 ton batu bara atau 2.000.000 ton minyak bumi atau setara dengan 30 ton uranium.

Pembangkit listrik dengan bahan bakar batubara, minyak dan gas mempunyai potensi yang dapat menimbulkan dampak lingkungan. Kekhawatiran terbesar dalam pembangkit listrik dengan bahan bakar fosil adalah dapat menimbulkan hujan asam dan peningkatan pemanasan global. Jika dibandingkan dengan PLTU Batubara dengan daya dan faktor beban yang sama maka akan membutuhkan 2,6 juta ton batubara per tahun. Dengan mempertimbangkan bahwa PLTN adalah jenis pembangkit yang dapat menjamin pasokan listrik dengan

kapasitas besar dalam jangka panjang, ramah lingkungan dan ekonomis, maka PLTN menjadi pilihan dalam penyediaan listrik di masa depan (Permana, 2008).

Salah satu reaktor fisi yang dipakai untuk pembangkit listrik adalah reaktor daya jenis PWR (*Pressurized Water Reactor*). Dalam PLTN tipe Reaktor Air Tekan, air ringan digunakan sebagai pendingin dan medium pelambat neutron (*moderator neutron*). PWR menggunakan air yang bertekanan tinggi untuk mengambil panas dari reaktornya. Tekanan tinggi ini diperlukan agar dalam pemindahan panas dari teras reaktor air tersebut tidak mendidih. Air pendingin primer selanjutnya dialirkan ke sistem pembangkit uap (*steam generator*) untuk memproses pertukaran panas dari sistem pendingin primer ke sistem pendingin sekunder (Wikipedia,2009).

Program MCNP (*Monte Carlo for Neutron and Particle*) menggunakan metode Monte Carlo yang bersifat statistik. Program ini dapat digunakan untuk menentukan nilai faktor penggandaan efektif (k_{eff}) sampai seluruh teras reaktor. Program MCNP melakukan simulasi gerakan acak sebuah partikel (misalnya neutron hasil reaksi fisi) mulai dari neutron tersebut lahir sampai neutron tersebut diserap oleh material penyusun teras reaktor. Perhitungan k_{eff} ditentukan oleh tiga estimator (estimator tumbukan, estimator serapan, dan estimator panjang jejak) sehingga nilai yang dihasilkan memiliki akurasi tinggi (Monte Carlo Team, 1997).

Dengan latar belakang tersebut, perlu dipelajari parameter-parameter apa saja yang berkaitan dengan rancang bangun reaktor nuklir guna menghasilkan kondisi paling optimal dari kinerja reaktor nuklir. Parameter-parameter yang mempengaruhi kinerja reaktor nuklir dapat dicari menggunakan paket program MCNP (*Monte Carlo for Neutron and Particle*). Program MCNP merupakan suatu paket program untuk menghitung faktor penggandaan efektif neutron sehingga dapat diperoleh dimensi kritis bahan bakar reaktor.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas, maka perlu optimasi dimensi bahan bakar untuk mencapai kondisi kritis dari reaktor nuklir.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Kondisi kritis reaktor nuklir, yaitu kondisi ketika suatu reaktor dapat bekerja secara optimal.
2. Desain teras reaktor menggunakan tipe PWR yang berbahan bakar UO_2 dengan moderator dan pendingin air ringan (H_2O).
3. Geometri teras reaktor berbentuk silinder berhingga dengan jari-jari teras R sebesar 180 cm dan tinggi teras H sebesar 381 cm.
4. Pengayaan bahan bakar UO_2 sebesar 3%.
5. Penggunaan program MCNP (*Monte Carlo for Neutron and Particle*), untuk mendapatkan nilai k_{eff} .
6. Data primer yang digunakan berdasarkan referensi dan simulasi dilakukan dari satu lapisan sampai delapan lapisan perangkat bahan bakar.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu optimasi dimensi bahan bakar menggunakan Program MCNP (*Monte Carlo for Neutron and Particle*).

1.5 Manfaat

Dari penelitian diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain,

1. Mengetahui karakteristik reaktor nuklir berbahan bakar UO_2 dengan moderator dan pendingin air ringan (H_2O) pada kondisi kritis.
2. Sebagai dasar perancangan reaktor nuklir berbahan bakar UO_2 dengan moderator dan pendingin air ringan (H_2O).
3. Menambah pengetahuan dalam penggunaan Program MCNP.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhadi, Mukhlis. 1997. *Pengantar Teknologi Nuklir*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- DOE Fundamentals Handbook. 1993. *Nuclear Physics and Reactor Theory* Volume 2. Washington D.C.: Department of Energy.
- Duderstadt, J.J. dan L.J. Hamilton. 1976. *Nuclear Reactor Analysis Departement of Nuclear Engineering*. Michingan: The University of Michingan Ann Arbor.
- Gandini, A. 1996. *Nuclear Reaction Data and Nuclear Reactors*. Italy: World Scientific Publishing.
- Glasstone, S. 1952. *The Element of Nuclear Reactor Theory*. New York: D. Van Norstrand Company, Inc.
- Hari, S.B. 2009. *Energi Nuklir, Pengertian dan Pemanfaatannya*. www.netsains.com. 7 Agustus 2009.
- Lamarsh, J.R. 1965. *Introduction to Nuclear Reactor Theory*. United State of America: Addison-Wesley Publishing Company, Inc.
- Lestari, D. 2007. *Ketika Uranium menjadi Pembangkit Listrik*. www.google.com. 12 April 2009.
- Monte Carlo Team. 1997. *MCNP-A General Monte Carlo N-Particle Transport Code*. Los Alomos National Laboratory.
- Permana, S. 2008. *Energi Nuklir sebagai Kebutuhan Energi Masa Depan*. www.google.com. 12 April 2009.
- Pramuditya, S. 2007. *Pengembangan Kode Komputer Terintegrasi untuk Studi Desain Awal PLTN Jenis PWR*. <http://www.thesis.pdf>. 24 Mei 2009.
- Ridwan, M. dkk. 1986. *Pengantar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir*. Jakarta: Badan Tenaga Atom Nasional.
- Setiadipura, T. 2008. *Pengantar Fisika Reaktor Nuklir*. <http://www.fisika-reaktor-nuklir.pdf>. 11 Agustus 2009.
- Sitompul, D. 1989. *Prinsip-prinsip Konversi Energi*. Medan: Fakultas Teknik Universitas Sumatra Utara.
- Stacey, Weston M. 2000. *Nuclear Reactor Physics*. New York: A Wiley-Interscience Publication John Wily and Sons, Inc.
- Tuka V. dan Djati H.S. 1998. *Energi Nuklir*. Elektroindonesia. www.google.com. 4 Agustus 2009.
- Wardana, W.A. 1994. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: Andi Offset.
1996. *Teknik Analisis Radioaktivitas Lingkungan*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Wikipedia. 2008. *Pressurized Water Reactor* . www.google.com. 12 April 2008.