

ANALISIS NILAI KOEFISIEN REAKTIVITAS SUHU BAHAN BAKAR PADA HTR-10

Radina Qisma Jabar Sasmita¹, Suharyana¹, Azizul Khakim²

¹Prodi Fisika FMIPA, Universitas Sebelas Maret, Surakarta

²Bidang PRND, PPSTPIBN, Badan Pengawas Tenaga Nuklir, Jakarta

e-mail: radinaqisma@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan simulasi reaktor jenis HTR-10 menggunakan software MVP. Bahan bakar HTR-10 berupa UO₂ yang kemudian dilapisi dengan lapisan triso. Pada penelitian ini dilakukan pengkayaan sebesar 17%. Moderator serta reflektor bermaterial grafit. Acuan dalam pembuatan geometri menggunakan hasil penelitian Terry 2006. Simulasi pada penelitian ini dilakukan variasi suhu pada bahan bakar. Hasil variasi tersebut berupa perubahan nilai k_{eff} yang nantinya dapat diperhitungkan perubahan reaktivitas serta nilai koefisien reaktivitas suhu. Penelitian ini menghitung koefisien reaktivitas suhu bahan bakar. Hasil penelitian menunjukkan nilai koefisien reaktivitas suhu bahan bakar bernilai negatif, yaitu sebesar $-6,27 \times 10^{-5} \Delta k/k K^{-1}$

Kata kunci : HTR-10, koefisien reaktivitas, bahan bakar

ABSTRACT

simulation of HTR-10 have been performed using code MVP. The purpose of this simulation is to determine the coefficient reactivity of fuel HTR-10. HTR-10 fuel is UO₂ which is layered by TRISO. Enrichment of HTR-10's fuel is 17 %. Material of moderator and reflector are graphite. Geometry and parameters refer to Terry's et al (2006) experiment. Variation of this simulation is about temperature variation of fuel. The result of that variation is decrease of k_{eff} value. From k_{eff} value, and then can be calculated the changes of reactivity value and the the coefficient reactivity of fuel. coefficient reactivity of fuel and moderator HTR-10 shown negative value, is about $-6,27 \times 10^{-5} \Delta k/k K^{-1}$.

Keyword : HTR-10, coefficient reactivity, fuel

PENDAHULUAN

Indonesia saat ini sedang gencar mengembangkan Energi Baru Terbarukan (EBT) guna memenuhi kebutuhan energi, yang meliputi angin, air, surya, biomasa hingga nuklir. Tahap perkembangan teknologi reaktor nuklir saat ini telah mencapai

Generasi IV.^[1] *High Temperature Gas-Cooled Reactor* (HTGR) digolongkan sebagai reaktor Generasi IV karena memiliki keselamatan inheren.^[2]

HTR-10 menggunakan grafit sebagai moderator dan gas helium sebagai pendingin dengan bahan bakar

berbentuk *pebble bed* yang mengandung butiran bahan bakar *Tri Structural Isotropic (TRISO)*^[3] Partikel TRISO diketahui berfungsi untuk menahan produk fisi dalam integritas matriks bahan bakar hingga suhu 1600°C.^[4] Butiran TRISO memiliki jari-jari 175-300 μm . Kernel yang terdapat pada HTR dengan jari-jari 225 μm dengan pengkayaan 16% dapat digunakan pada HTR dalam keadaan kritis.^[5] HTR-10 berbahan bakar dengan pengkayaan U^{235} sebesar 17%. Perbandingan antara cacah bola bahan bakar dan bola moderator pada teras aktif 57/43.^[6]

Keselamatan reaktor merupakan hal penting yang harus diperhatikan. Salah satu parameter yang diamati yaitu perubahan reaktivitas yang disebabkan oleh perubahan suhu. Parameter ini dinamakan koefisien reaktivitas, terdapat dua jenis yaitu koefisien reaktivitas suhu bahan bakar dan koefisien reaktivitas moderator.^[7]

Perubahan suhu bahan bakar berpengaruh terhadap perubahan suhu teras. Koefisien reaktivitas suhu bahan bakar juga biasa disebut dengan koefisien Doppler nuklir. Suhu bahan bakar mempengaruhi daya reaktor.^[8]

Pemodelan komputer diperlukan untuk mengembangkan kajian mengenai reaktor. Pada *Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI)* telah dipelajari mengenai algoritma komputasi untuk meningkatkan performa pada vektor dan paralel superkomputer. Selain itu telah dikembangkan Monte Carlo Code MVP (metode energi kontinyu) dan GMVP (metode multigrup). Keunikan

dari code MVP/GMVP diantaranya yaitu perhitungan perubahan temperatur dan pemodelan secara *statistical geometry*.^[9] Oleh karena itu, code MVP dipilih untuk melakukan simulasi perhitungan koefisien reaktivitas akibat perubahan suhu bahan bakar dan moderator.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode simulasi HTR-10 dengan kode MVP. Jumlah partikel yang digunakan berjumlah 40.000 partikel serta jumlah siklus yang disimulasikan berjumlah 285 dengan jumlah 35 skip siklus. Parameter yang digunakan mengacu pada penelitian Terry *et al* 2006.

Perhitungan dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung nilai reaktivitas dengan persamaan

$$\rho = \frac{k_{eff} - 1}{k_{eff}}$$

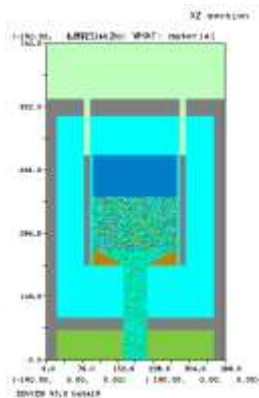
Dari persamaan di atas dapat dilihat bahwa nilai ρ bergantung pada nilai k_{eff} . Untuk selanjutnya perhitungan nilai koefisien reaktivitas dapat menggunakan persamaan

$$\alpha_x = \frac{\Delta\rho}{\Delta x}$$

Dengan $\Delta\rho$ merupakan perubahan reaktivitas serta nilai x merupakan faktor yang mempengaruhi nilai reaktivitas.^[10] Nilai koefisien reaktivitas juga dapat diperoleh dengan plot grafik hubungan perubahan reaktivitas terhadap suhu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

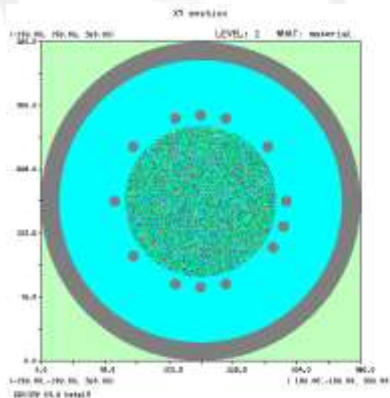
Variasi pada penelitian ini berupa perubahan suhu pada bahan bakar.



Gambar 3.1. Geometri HTR-10 pada suhu tertinggi 2043 K Bidang XZ

Gambar 3.2. Geometri HTR-10 pada suhu tertinggi 2073 K Bidang XY

Pada gambar 4.1. menunjukkan geometri HTR-10 pada suhu bahan bakar sebesar 2073 K. selanjutnya,



penelitian ini dilakukan dengan jumlah partikel sebanyak 40.000 kali. Ketika bahan bakar berada pada suhu kamar 30°C (303 K) diperoleh nilai $k_{\text{eff}} = 0,956$. Selanjutnya nilai k_{eff} turun bersamaan dengan naiknya suhu bahan bakar.

Perubahan nilai k_{eff} disebabkan oleh perubahan nilai suhu.

Dikarenakan peningkatan suhu, bentuk dari tampang lintang akan berubah mengikuti pelebaran doppler (*doppler broadening*). Hal tersebut menyebabkan daerah serapan pada ^{238}U semakin lebar, sehingga neutron yang diserap semakin banyak. dengan demikian, parameter pada perhitungan k_{eff} berubah, sehingga terjadi perubahan nilai k_{eff} .

Nilai k_{eff} tersebut digunakan untuk menghitung nilai reaktivitas dengan memplot grafik seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.3.

Gambar 3.3. Grafik perubahan reaktivitas terhadap suhu bahan bakar

Nilai koefisien reaktivitas suhu bahan bakar diperoleh dari gradien garis



grafik tersebut. Nilai koefisien reaktivitas suhu bahan bakar menunjukkan nilai negatif sebesar $-6,207 \times 10^{-5} \Delta k/k K^{-1}$. Hal tersebut menunjukkan bahwa, HTR-10 pada penelitian ini telah memenuhi kriteria desain keselamatan inheren.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kenaikan suhu bahan bakar HTR-10 menyebabkan

k_{eff} menurun sehingga reaktivitas pun berkurang. Nilai koefisien reaktivitas suhu bahan bakar dihasilkan dengan nilai negative, dengan demikian telah memenuhi keselamatan inheren.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anggoro, Y. D., Dewi, D., Nurlaila, Yulianto, A. T. (2013) Kajian Perkembangan PLTN Generasi IV. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*. 15 (2)., 69-79
- [2] Peng, L., Zhipeng, C., Yanhua, Z., Jun S., Fubing, C., Lei, S., Fu, L., Yujie, D., & Zuoyi, Z. (2016). Study on air ingress of the 200 MWe pebble-bed modular high temperature gas-cooled reactor. *Annals of Nuclear Energy*, 98, 120–131
- [3] Chen, F., Dong, Y., dan Zhang, Z. (2016). Post-test simulation of the HTR-10 reactivity insertion without scram. *Annals of Nuclear Energy*, 92, 36–45.
- [4] Zuhair, Aziz, F dan Lasman, A. N. (2000). Analisis Perhitungan Benchmark Kritikalitas Pertama Teras HTR-10. *Prosiding Seminar ke-5 Reaktor Temperatur Tinggi*. Yogyakarta, Nopember 2000.
- [5] Setiawati, E., Hammam, O., Richardina, V., & Endro, J. (2015). Analysis Loading Height of HTR (High Temperature Reactor) Core to Obtain Criticality of Reactor. *International Journal of Science and Engineering*, 9(2).
- [6] Zuhair dan Suwoto. (2013). Analisis Perhitungan Koefisien Reaktivitas Temperatur Bahan Bakar dan Moderator Teras RGTT200K. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir PTNBR*. BATAN Bandung, Juli 2013.
- [7] Safarzadeh, O., Derakhshandeh, F. S., & Shirani, A. S. (2015). Calculation of reactivity coefficients with burn-up changes for VVER-1000 reactor. *Progress in Nuclear Energy*, 81, 217-227
- [8] Jevremovic, T. (2009). *Nuclear Principle in Engineering* Second edition. New York : Springer
- [9] Nagaya, Y., Okumura, K., Mori, T., & Nakagawa, M. (2005). *MVP/GMVP II: General Purpose Monte Carlo Codes for Neutron and Photon Transport Calculations based on Continuous Energy and Multigroup Methods*. Jaeri 1348. Japan Atomic Energy Agency.
- [10] Suharyana dan Khakim, A. (2016). *Fisika Reaktor*. Surakarta: UNS Press.