

ANALISIS KARAKTERISTIKA KOEFISIEN REAKTIVITAS TEMPERATUR RGTT200K DENGAN BERBAGAI PENGAYAAN BAHAN BAKAR

Hery Adrial

Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir – BATAN
Kawasan Puspipstek, Gedung 80, Serpong, Tangerang 15310
Tel. (021)756-0912, Fax. (021)756-0913, E-mail: heryadrial@yahoo.co.id

ABSTRAK

ANALISIS KARAKTERISTIKA KOEFISIEN REAKTIVITAS TEMPERATUR RGTT200K DENGAN BERBAGAI PENGAYAAN BAHAN BAKAR. Telah dilakukan perhitungan dan analisis koefisien reaktivitas temperatur bahan bakar RGTT200K dengan berbagai pengayaan menggunakan program MCNPX, agar dapat diketahui pengaruh perubahan temperatur terhadap reaktivitas teras untuk berbagai pengayaan bahan bakar. Bahan bakar RGTT200K berbentuk bola atau *pebble* yang berisi ribuan partikel TRISO. Setiap partikel TRISO terdiri atas kernel UO_2 dengan radius 0,0250 cm, lapisan karbon *buffer* dengan radius 0,0345 cm, lapisan IPyC dengan radius 0,0380 cm, lapisan SiC dengan radius 0,0420 cm dan lapisan OPyC dengan radius 0,0460 cm. Teras RGTT200K memiliki diameter 3 meter dan ketinggian 9,43 meter. Temperatur bahan bakar yang diperhitungkan dalam penelitian ini dimulai dari 300 K sampai 2000K. Sedangkan pengayaan bahan bakar divariasikan dari 9 % hingga 12%. Untuk temperatur di atas 300K terlebih dahulu dilakukan generasi data nuklir energi kontinyu ENDF/B-VII. Data tampang lintang fungsi temperatur tersebut kemudian dimasukkan ke dalam pustaka MCNPX. Dari hasil perhitungan MCNPX didapat faktor multiplikasi reaktor (k_{eff}), menurun tajam dalam interval temperatur 300 K sampai 1500K sedangkan dalam interval temperatur 1500-2000K k_{eff} menunjukkan kecenderungan menurun agak landai, yang membuktikan koefisien reaktivitas temperatur RGTT200K negatif. Nilai pengayaan sangat mempengaruhi nilai reaktivitas temperatur, Pada RGTT200K untuk pengayaan 9% mempunyai nilai reaktivitas yang paling besar dibandingkan dengan pengayaan 10%, 11% dan 12%.

Kata-kunci: RGTT200K, koefisien reaktivitas temperatur, pengayaan, temperatur, MCNPX

ABSTRACT

ANALYSIS ON CHARACTERISTICS OF RGTT200K'S TEMPERATURE REACTIVITY COEFFICIENT WITH VARIOUS FUEL ENRICHMENT. The calculations and analysis has done of fuel temperature reactivity coefficient with a various fuel enrichment of RGTT200K using MCNPX program, to know the effect of changing temperature on core reactivity for the fuel enrichment. Spherical fuel RGTT200K or *pebble* that contains thousands of TRISO particles. Each TRISO particle consists of UO_2 kernel with a radius of 0.0250 cm, the carbon buffer layer with a radius of 0.0345 cm, a IPyC layer with a radius of 0.0380 cm, SiC layer with a radius of 0.0420 cm and a OPyC layer with a radius of 0.0460 cm. RGTT200K core has a diameter of 3 meters and a height of 9.43 meters. Fuel temperature calculated in this study starts from 300K to 2000K. While the enrichment of the fuel was varied from 9% to 12%. For temperatures above 300K to do a continuous energy generation nuclear data cross-section taken from ENDF/B-VII file. Microscopic atomic cross-section data function of temperature is then incorporated into MCNPX libraries. From the MCNPX calculation results has obtained reactor multiplication factor (k_{eff}), declined sharply in the temperature interval of 300K to 1500K while the temperature interval of 1500-2000K k_{eff} showed a tendency to decline slightly sloping, which proves the negative temperature reactivity coefficient of RGTT200K. The enrichment is greatly affect the fuel temperature reactivity coefficient, In RGTT200K the enrichment to 9% has the greatest value of reactivity compared with 10%, 11% and 12% enrichment.

Keywords: RGTT200K, temperature coefficient of reactivity, enrichment, temperature, MCNPX

PENDAHULUAN

RGTT200K merupakan salah satu konsep reaktor nuklir yang merupakan sistem pemasok energi nuklir serba guna dengan sistem kogenerasi yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Aplikasi sistem kogenerasi pada RGTT200K antara lain untuk produksi hidrogen dan desalinasi. RGTT200K merupakan konsep desain pertama yang dibuat Batan untuk reaktor kogenerasi berbasis pada reaktor berpendingin gas temperatur tinggi dengan bahan bakar berbentuk *pebble*

Konsep desain reaktor RGTT200K mengacu pada desain reaktor HTR yang dibuat oleh China^[1]. Berbeda dengan reaktor HTR-10 China, RGTT200K didesain untuk dapat beroperasi pada daya 200 MW termal sedangkan HTR-10 China beroperasi pada daya 10 MW termal.

RGTT200K mempunyai temperatur *outlet* (keluaran) yang tinggi ($>850^{\circ}\text{C}$) berpendingin yang *inert* (tidak bereaksi dengan material lain di dalam teras) yaitu gas helium. RGTT200K mempunyai keistimewaan dalam hal kemampuan keselamatan inheren / pasifnya, temperatur keluaran gas yang tinggi menghasilkan efisiensi yang tinggi dalam konversi ke listrik dan dapat diaplikasikan pada produksi hidrogen, untuk pemompaan sumur minyak, ekstraksi batubara, dan proses-proses kimia lainnya^[2].

Pembuangan panas peluruhan RGTT200K didesain seluruhnya atas dasar sistem pasif. Bila terjadi kecelakaan kehilangan tekanan (*loss of pressure*) sedangkan pendinginan tidak tersedia, maka panas peluruhan akan terbuang melalui struktur teras dengan cara konduksi dan radiasi ke luar bejana tekan reaktor (*reactor pressured vessel*, RPV). Panas ini kemudian akan didisipasikan melalui sistem pendinginan permukaan yang terdapat pada dinding bangunan beton. Sistem ini bekerja secara alamiah, dan melepaskan panas tersebut melalui pendingin udara ke atmosfer

Konsep sistem keselamatan pasif diterapkan pada reaktor RGTT200K dengan cara menerapkan koefisien reaktivitas negatif, yaitu dengan menggunakan bahan struktur yang didominasi oleh grafit dengan densitas rendah. Dalam keadaan koefisien reaktivitas negatif, bila temperatur teras reaktor naik maka faktor multiplikasi reaktor (k_{eff}) akan semakin turun dan reaktor akan padam. Sehingga reaktor tidak akan pernah mengalami pelelehan teras dalam kondisi apapun^[3].

Pada makalah ini akan dibahas karakteristik koefisien reaktivitas temperatur RGTT200K dengan berbagai pengayaan bahan bakar dan temperatur teras yang akan divariasikan mulai dari 300K sampai dengan 2000K.

TEORI

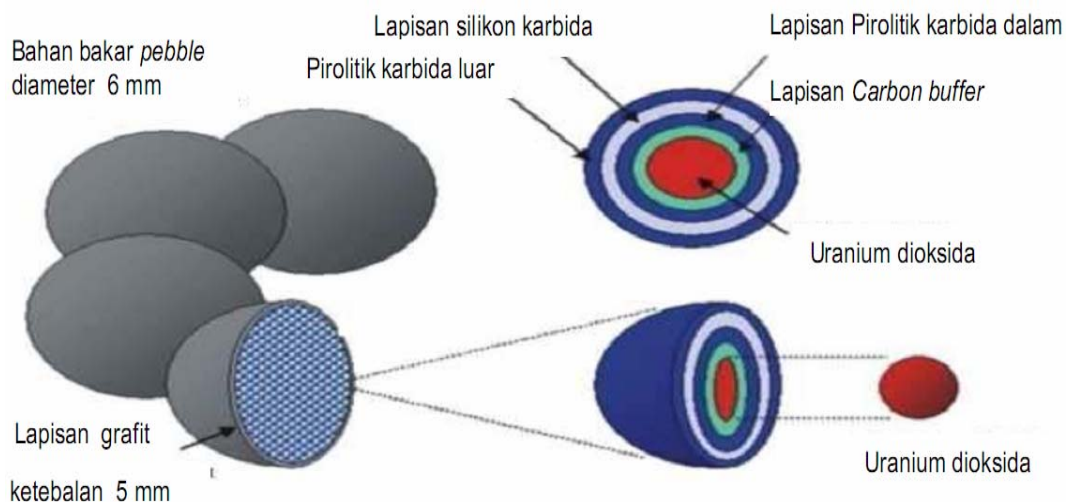
RGTT200K merupakan reaktor temperatur tinggi berbahan bakar *pebble* atau bola seukuran bola tenis dengan teras aktif reaktor berdiameter 300 cm dan tinggi 943 cm serta dikelilingi reflektor *graphite*. Teras RGTT200K memuat sekitar 360.000 bahan bakar *pebble* yang terdistribusi secara acak dan dialiri pendingin gas helium. RGTT200K dapat menghasilkan daya termal sebesar 200 MW dengan densitas daya 3 W/cm^3 sedangkan temperatur *outlet* teras rerata 950°C dan temperatur *inlet* helium rerata 550°C .

Setiap *pebble* bahan bakar mempunyai radius 3 cm yang terbuat dari karbon pirolitik, di dalamnya mengandung 11000 sampai dengan 15000 partikel TRISO^[4,5]. Sedangkan partikel TRISO

terdiri dari kernel bahan bakar UO_2 yang dilapisi *Carbon buffer* (lapisan karbon berpori), IPyC (lapisan pirokarbon dalam), SiC (lapisan silikon karbida) dan OPyC (lapisan pirokarbon luar). Lapisan TRISO selain berfungsi untuk menjaga integritas struktur *pebble*, juga berfungsi untuk mencegah terjadinya pelepasan produk fisi. Bahan bakar kernel UO_2 terdiri dari ^{238}U yang diperkaya 8-20% ^{235}U dan ^{16}O . Dalam makalah ini pengayaan ^{235}U yang dilakukan adalah 9 % sampai 12%. Tabel 1 menunjukkan parameter bahan bakar dan TRISO disertai dengan dimensinya secara lengkap sedangkan geometri *pebble* dan TRISO dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 1. Parameter fisik dan dimensi bahan bakar *pebble* dan TRISO

LAPISAN TRISO	Diameter terluar lapisan TRISO (cm)	Densitas (g/cm ³)
<i>Carbon Buffer</i>	0,0340	1,05
IPyC	0,0385	1,90
SiC	0,0420	3,18
OPyC	0,0460	1,90
Kernel	UO_2	
Pengayaan (U-235)	9%, 10%, 11% dan 12%	
Diameter kernel (cm)	0,050	
Densitas (g/cm ³)	10,40	
<i>Pebble</i>		
Diameter bola <i>pebble</i> , cm	6,00	
Diameter zona aktif bahan bakar, cm	5,00	
Tebal matriks grafit <i>outer shell</i> , cm	0,5	
Densitas matrik grafit <i>outer shell</i> , g/cm ³	1,75	



Gambar 1 . Geometri bahan bakar *pebble* dan kernel disertai TRISO

MCNPX (*Monte Carlo N-Particle eXtended*) merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mensimulasikan proses fisi yang terjadi di dalam teras reaktor. **MCNPX** merupakan pengembangan dari metode **MCNP**. Salah satu pengembangan yang dilakukan pada **MCNPX** adalah dapat menghitung *burnup*. Pada **MCNP** maupun **MCNPX** dilakukan simulasi secara acak (*random*) dengan banyak pengulangan.

Di dalam reaktor, partikel neutron yang berasal dari sumber akan bertumbukan dengan atom-atom ²³⁵U yang terdapat di dalam bahan bakar reaktor sehingga menghasilkan reaksi fisi berantai yang menyebabkan populasi neutron akan berlipat, semakin bertambah atau semakin berkurang. Faktor pelipat jumlah neutron (*k*) merupakan faktor perbandingan antara neutron yang diproduksi oleh hasil fisi pada satu generasi dengan jumlah neutron yang hilang melalui penyerapan pada generasi sebelumnya. Pada kondisi kritis :

$$k = k_{eff} = 1 \dots\dots\dots (1)$$

sedangkan k_{eff} dapat dihitung melalui persamaan

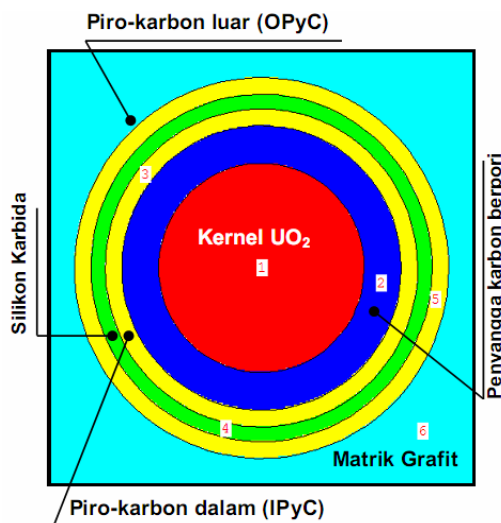
$$k_{eff} = \frac{N^F \nu \sigma_f^F}{N^M \sigma_a^M} \dots\dots\dots (2)$$

dengan:

- N^F = rapat atom uranium
- ν = jumlah neutron yang dilepas dalam satu reaksi fisi
- σ_a^M = tampang lintang moderator
- N^M = rapat atom moderator
- σ_f^F = tampang lintang Uranium

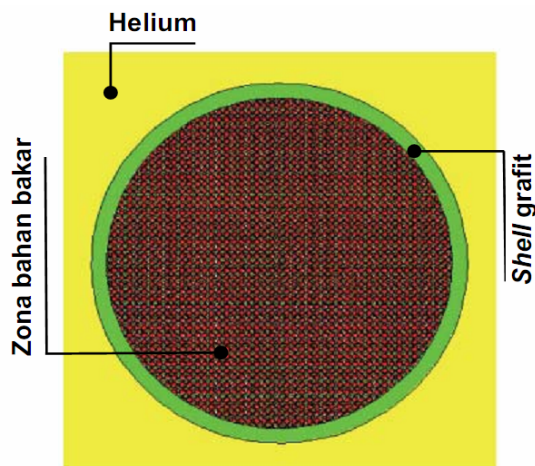
METODOLOGI

Dalam tahap awal perhitungan dilakukan pembuatan kernel yang disertai lapisan TRISO dengan menggunakan MCNPX. Hasil pemodelan MCNPX dapat dilihat dengan menggunakan *Vised* (*Visual Editor*) seperti yang terlihat pada Gambar 2.



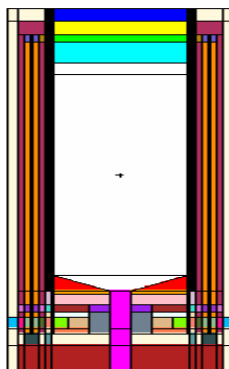
Gambar 2. Hasil pemodelan MCNPX untuk kernel dan lapisan TRISO

Tahap selanjutnya adalah memodelkan bahan bakar *pebble* yang terdiri dari 11000 sampai 15000 kernel dengan bentuk kisi SC (*Simple Cubic*). Bentuk pemodelan geometri *pebble* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pemodelan geometri *pebble* bentuk kisi SC

Selanjutnya dilakukan pemodelan *pebble* di dalam teras dengan menggunakan kisi BCC (*Body Centered Cubic*). Dan juga dibuat model reaktor RGTT200K. Sedangkan pemodelan teras reaktor RGTT200K dibuat dengan menggunakan MCNPX seperti yang terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Model geometri teras RGTT200K berdasarkan MCNPX

Setelah pemodelan, maka dilakukan perhitungan faktor multiplikasi reaktor dengan memasukkan data-data densitas atom TRISO dan matriks grafit dan pustakaampang lintang energi kontinyu ke dalam file XDIR^[6]. Dalam pemodelan ini KCODE dan KSRC yang berada pada kartu data, merupakan perintah dalam MCNP maupun MCNPX untuk menghitung kritikalitas reaktor. KCODE diisi dengan jumlah neutron sumber pada setiap siklus. Dalam perhitungan ini jumlah neutron yang dipakai setiap siklus berjumlah 100 buah dan harga awal $k_{eff}=1$ serta jumlah siklus yang akan dilompati sebelum perhitungan k_{eff} diakumulasikan ditetapkan 10 siklus dan jumlah siklus adalah 75 siklus. Adapun kartu KSRC yang berisi informasi lokasi sumber neutron yang ditempatkan pada pusat koordinat (0,0,0). Densitas atom partikel partikel berlapis TRISO dan

matriks grafit diberikan pada Tabel 2 sedangkan ZAID dalam pustaka tampang lintang energi kontinyu MCNPX diberikan dalam Tabel 3.

Tabel 2. Densitas atom partikel berlapis TRISO dan matriks grafit.

Densitas Kernel UO ₂ (atom/barn-cm)				
²³⁵ U	²³⁸ U	¹⁶ O	¹⁰ B	¹¹ B
1,92585×10 ⁻³	2,12877×10 ⁻²	4,64272×10 ⁻²	1,14694×10 ⁻⁷	4,64570×10 ⁻⁷
Densitas Lapisan TRISO (atom/barn-cm)				
	Karbon	Silikon	¹⁰ B	¹¹ B
Penyangga karbon	5,26449×10 ⁻²	-	-	-
IPyC/OPyC	9,52621×10 ⁻²	-	-	-
SiC	4,77240×10 ⁻²	4,77240×10 ⁻²	-	-
Matriks grafit	8,77414×10 ⁻²	-	9,64977×10 ⁻⁹	3,90864×10 ⁻⁸

Tabel 3. ZAID dalam pustaka tampang lintang energi kontinyu MCNPX

Temperatur (K)	²³⁵ U	²³⁸ U	¹⁶ O	¹⁰ B	¹¹ B	¹² C	²⁸ Si
300	92235.30c	92238.30c	8016.30c	5010.30c	5011.30c	6000.30c	14028.30c
750	92235.75c	92238.75c	8016.75c	5010.75c	5011.75c	6000.75c	14028.75c
1000	92235.10c	92238.10c	8016.10c	5010.10c	5011.10c	6000.10c	14028.10c
1100	92235.11c	92238.11c	8016.11c	5010.11c	5011.11c	6000.11c	14028.11c
1250	92235.12c	92238.12c	8016.12c	5010.12c	5011.12c	6000.12c	14028.12c
1500	92235.15c	92238.15c	8016.15c	5010.15c	5011.15c	6000.15c	14028.15c
1600	92235.16c	92238.16c	8016.16c	5010.16c	5011.16c	6000.16c	14028.16c
1750	92235.17c	92238.17c	8016.17c	5010.17c	5011.17c	6000.17c	14028.17c
1850	92235.18c	92238.18c	8016.18c	5010.18c	5011.18c	6000.18c	14028.18c
2000	92235.20c	92238.20c	8016.20c	5010.20c	5011.20c	6000.20c	14028.20c

Koefisien reaktivitas temperatur merupakan parameter yang menyatakan berubahnya nilai reaktivitas akibat berubahnya temperatur. Untuk menghitung koefisien reaktivitas temperatur bahan bakar digunakan persamaan:

$$\alpha_T = \frac{(k_n - k_{n-1})}{(k_n k_{n-1}) \Delta T} \dots\dots\dots (3)$$

dimana:

α_T = Koefisien reaktivitas temperatur ΔT = Perubahan temperatur dari n-1 ke-n

k_n = Nilai faktor multiplikasi reaktor pada temperatur ke n

k_{n-1} = Nilai faktor multiplikasi reaktor pada temperatur ke $n-1$

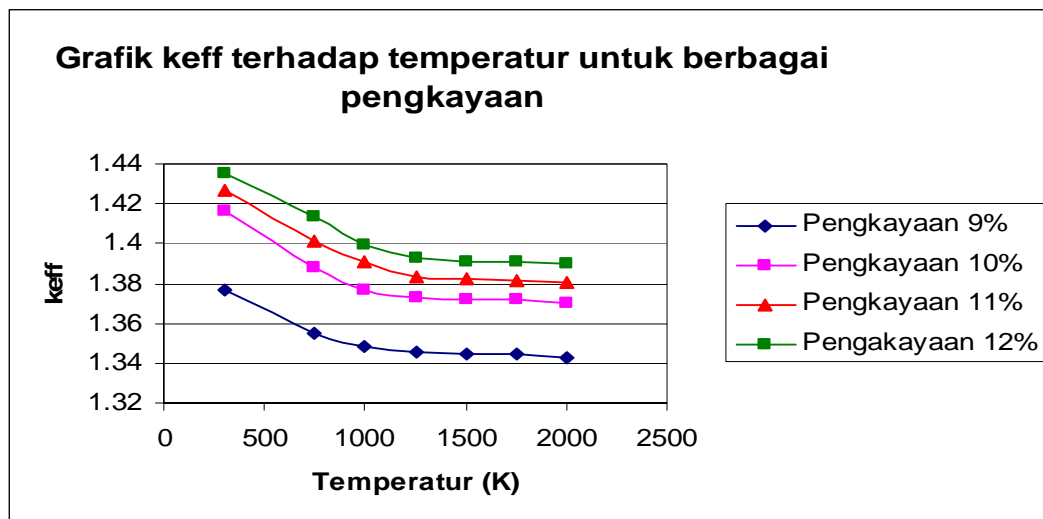
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil untuk perhitungan faktor multiplikasi reaktor (k_{eff}) dengan menggunakan MCNPX dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Hasil perhitungan k_{eff} dengan menggunakan MCNPX

T (K)	k_{eff} dengan pengayaan			
	9%	10%	11 %	12 %
300	1,37629 ± 0,00900	1,41673 ± 0,00828	1,42180 ± 0,01037	1,43497 ± 0,00965
750	1,35495 ± 0,01052	1,38804 ± 0,00906	1,40756 ± 0,00797	1,41315 ± 0,00847
1000	1,34789 ± 0,00914	1,37681 ± 0,00882	1,39056 ± 0,00859	1,39925 ± 0,0639
1250	1,34570 ± 0,00187	1,37327 ± 0,01156	1,38296 ± 0,00880	1,39311 ± 0,00651
1500	1,34459 ± 0,00889	1,37240 ± 0,00721	1,38199 ± 0,00996	1,39108 ± 0,0765
1750	1,34476 ± 0,00529	1,37505 ± 0,00927	1,38105 ± 0,00753	1,39071 ± 0,00813
2000	1,34293 ± 0,01628	1,37019 ± 0,02736	1,38052 ± 0,00821	1,38969 ± 0,0872

Dari hasil perhitungan k_{eff} yang terdapat pada Tabel 4, dibuat grafik yang menggambarkan hubungan antara k_{eff} terhadap temperatur dengan variasi pengayaan 9 % , 10%, 11% dan 12% seperti disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik k_{eff} terhadap temperatur untuk berbagai pengayaan UO_2

Dari Gambar 5 terlihat faktor multiplikasi reaktor (k_{eff}) semakin turun dengan bertambahnya temperatur. Keadaan ini disebabkanampang lintang atom semakin lebar sehingga tangkapan neutron semakin besar sehingga jumlah neutron termal yang dihasilkan semakin sedikit yang menyebabkan nilai k_{eff} semakin berkurang.

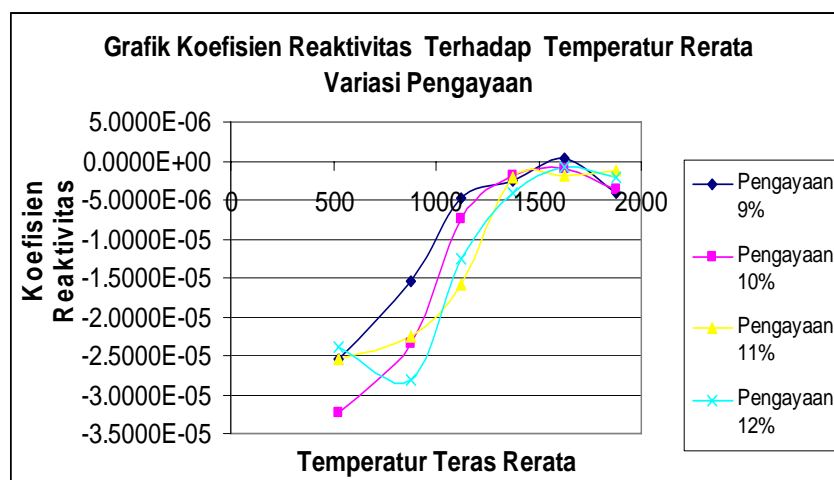
Penurunan akan melandai dimulai pada temperatur 1250K, karena mulai pada temperatur 1250K pelebaran penampang lintang atom sudah stagnan sehingga jumlah neutron termal yang dihasilkan relatif konstan.

Pada Gambar 5 juga terlihat, penurunan nilai k_{eff} dapat juga terjadi bila pengayaan semakin kecil. Semakin kecil pengayaan maka semakin sedikit jumlah atom ^{235}U yang ada dan berinteraksi di dalam bahan bakar. Akibatnya semakin sedikit pembelahan fisi yang terjadi sehingga nilai k_{eff} yang dihasilkan akan turun. Hubungan antara variasi pengayaan dengan koefisien reaktivitas untuk beberapa interval temperatur dihitung dengan menggunakan persamaan 3 dan hasil perhitungan disajikan pada Tabel 5 .

Tabel 5. Perhitungan koefisien reaktivitas temperatur

No	Range-temperatur (K)	Koefisien reaktivitas temperatur			
		Pengayaan			
		9%	10%	11%	12%
1	300-750	-2,5430E-05	-3,2421E-05	-2,5391E-05	-2,3912E-05
2	750-1000	-1,5463E-05	-2,3505E-05	-2,2576E-05	-2,8118E-05
3	1000-1250	-4,8295E-06	-7,4892E-06	-1,5808E-05	-1,2599E-05
4	1250-1500	-2,4538E-06	-1,8465E-06	-2,0301E-06	-4,1900E-06
5	1500-1750	3,7607E-07	-1,0197E-06	-1,9700E-06	-7,6502E-07
6	1750-2000	-4,0533E-06	-3,6813E-06	-1,1119E-06	-2,1111E-06

Dari Tabel 5 nampak bahwa koefisien reaktivitas temperatur untuk interval temperatur dari 300 – 2000K bernilai negatif dan dari Gambar 5 juga terlihat untuk interval temperatur dari 300-2000K nilai k_{eff} menurun, sehingga dapat dikatakan penurunan k_{eff} akan menyebabkan reaktivitas akan menjadi negatif. Gambar 6 menunjukkan pengaruh variasi pengayaan terhadap reaktivitas, yang dibuat berdasarkan temperatur teras rerata yang diambil dari range temperatur dan nilai reaktivitas temperatur yang terdapat pada Tabel 5.



Gambar 6. Grafik koefisien reaktivitas terhadap temperatur teras rerata variasi pengayaan.

Dari gambar 6 tampak jelas untuk pengayaan 9% mempunyai nilai reaktivitas temperatur yang paling besar, hampir disemua keadaan temperatur teras rerata . Semakin kecil pengayaan maka

semakin besar nilai reaktivitasnya . Untuk pengayaan 9% sampai 12 % akan mempunyai nilai reaktivitas maksimal pada temperatur 1800K.

KESIMPULAN

Pada RGTT200K nilai k_{eff} akan turun secara tajam pada interval temperatur 900 K sampai 1250 K dan penurunan nilai k_{eff} diteruskan secara landai dari temperatur 1250 K sampai 2000 K akibat stagnannya pelebaran tampang lintang atom . Semakin kecil nilai pengayaan bahan bakar , k_{eff} akan semakin turun. Berdasarkan hasil perhitungan MCNPX RGTT200K mempunyai koefisien temperatur yang negatif yang berarti reaktor mempunyai sistem keselamatan melekat (inherent safety) sehingga bila terjadi suatu keadaan yang menyebabkan temperatur reaktor naik dengan tidak terkendali maka dengan sendirinya nilai faktor multiplikasi reaktor (k_{eff}) akan menurun tanpa campur tangan operator, yang akan mengakibatkan reaktor menjadi padam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Ir Zuhair, M.Eng dan Dr. Ir. M. Dhandhang Purwadi yang memberikan inspirasi dan ide dalam penulisan makalah ini. Dorongan semangat, diskusi dan saran dari rekan-rekan di Bidang Pengembangan Reaktor – PTRKN – BATAN sangat kami hargai dan harapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. G.H. LOHNERT, “Topical Issue on China’s HTR-10”, Nuclear Engineering and Design, 218, 2002
- [2]. MAMAN MULYAMAN, ZUHAIR, M. DHANDHANG PURWADI, ”Desain Konseptual Penyimpanan Bahan Bakar Baru RGTT Menggunakan Program MCNPX”, Prosiding Seminar Nasional ke-17 Teknologi dan Keselamatan PLTN serta Fasilitas Nuklir, Yogyakarta, 01 Oktober 2011
- [3]. MOHAMMAD DHANDHANG PURWADI, “Desain Konseptual Sistem Reaktor Daya Maju Kogenerasi Berbasis RGTT”, Prosiding Seminar Nasional ke-16 Teknologi dan Keselamatan PLTN serta Fasilitas Nuklir, Surabaya, Juli 2010
- [4]. ANDREW C, KADAK, DAVID A, PETTI, et all, “Modular Pebble Bed Reactor”, Annual Report, INEEL/EXT-2000-01034, MIT-ANP-PR-075, July 2000.
- [5]. EDWIN S, LYMAN, “The Pebble-Bed Modular Reactor (PBMR): Safety Issues”, Physics and Society, Vol, 30, No 4, October 2001.
- [6]. JORGE ABEJÓN ORZÁEZ, ”Neutronics Analysis Of a Modified Pebble Bed Advanced High Temperature Reactor ”, Thesis, The Ohio State University, 2009
- [7]. A. KOSTER, H.D. MATZNER, AND D.R. NICHOLSI, “PBMR Design for the Future”, Nuclear Engineering and Design, 222, 2003.

- [8]. ÜNER COLAK, VOLKAN ŞEKER, "Monte Carlo Criticality Calculations for a Pebble Bed Reactor with MCNP", Journal of Nuclear Science and Engineering, Vol. 149, No. 2, February, 2005
- [9]. KHALIL MOSHKBAR BAKHSHAYESH, NASER VOSOUGHI, "Simulation of A Pebble Bed Reactor Core By the MCNP-4C Computer Code", Nuclear Technology & Radiation Protection 3/2009
- [10]. ZUHAIR, SUWOTO, PIPING SUPRIATNA, "Studi Efek Fraksi Packing TRISO Dalam desain Kritikalitas RGTT200K", Prosiding Seminar Nasional ke-17 Teknologi dan Keselamatan PLTN serta Fasilitas Nuklir, Yogyakarta, 01 Oktober 2011.

DISKUSI/TANYA JAWAB:

1. PERTANYAAN: (Azizul Khakim, BAPETEN)

- Bagaimana metode untuk memasukan data nuklir yang suhunya tidak tersedia di MCNPX?.
- Bagaimana asumsi memasukan bahan bakar TRISO ke atas Reaktor?.

JAWABAN: (Hery Adrial, PTRKN-BATAN)

- *Data nuklir yang suhu tidak tersedia di MCNPX diderivasi dari pemrosesan menggunakan modul ACER dalam program pengolahan data nuklir NJOY99.v304, sehingga file data nuklir ENDF/B-VII dapat dimasukan dalam file XDIR untuk diakses oleh MCNPX.*
- *Bahan bakar TRISO dimasukan ke dalam bahan bakar pebble (bola) dengan matrik grafit diasumsikan dalam bentuk kisi Simple Cubic (SC). Pebble tersebut kemudian dimasukan kedalam teras reaktor diasumsikan dalam bentuk kisi BCC (Body Centered Cubic).*