

## PENENTUAN KONSTANTA PELURUHAN NEUTRON SEREMPAK TERAS TRANSISI SILISIDA DENGAN METODE DERAU

Uju Jujuratisbela, Yusi Eko Yulianto, Cahyana

### ABSTRAK

**PENENTUAN KONSTANTA PELURUHAN NEUTRON SEREMPAK TERAS TRANSISI SILISIDA DENGAN METODE DERAU.** Telah diputuskan oleh pemimpin BATAN, bahwa elemen bakar oksida dari RSG-GAS diganti secara bertahap menjadi Silisida. Penggantian elemen bakar yang bertahap membentuk teras-teras transisi. Untuk mengetahui perubahan karakteristik teras transisi, diperlukan data pengukuran parameter kinetik reaktor. Salah satu parameter kinetik yang penting dipantau selama transisi teras adalah konstanta peluruhan neutron serempak ( $\alpha$ ). Agar tidak mengganggu kegiatan rutin operasi reaktor, digunakan metode eksperimen derau. Tegangan fluks neutron keluaran dari beberapa kanal JKT03 pada daya reaktor 15 MW dihubungkan ke penguat dan penyaring tegangan kemudian ke Penganalisis Sinyal Dinamik versi-2 untuk dievaluasi. Dari data eksperimen derau yang tersedia dan dengan menggunakan transformasi Fourier cepat diperoleh rapat spektrum daya pribadi neutron (RSDP). Dari kurve-kurve RSDP yang diperoleh, frekuensi patah yang berkaitan dengan harga  $\alpha$  dapat diestimasi dengan menggunakan regresi linier.

### ABSTRACT

**PROMPT NEUTRON DECAY CONSTANT DETERMINATION OF SILICIDE TRANSITION CORE USING NOISE METHOD.** Chairman of BATAN had decided to replace the Oxide fuel element type of RSG-GAS into silicide element type step by step. The replacement will create core transitions. Kinetic characteristics of the transition cores have to be monitored in order to know the deviation of core behavior. For that reason, the kinetic parameters have to be measured. Prompt neutron decay constant ( $\alpha$ ) is one of the kinetic parameters that has to be monitored continuously in the transition cores. In order not to disturb the normal operation of reactor,  $\alpha$  parameter should be measured by using noise analysis method. The voltage of neutron flux at power of 15 MW is connected to preamplifier and filter then to the Dynamic Signal Analyzer Version-2 and then the auto power spectral density (APSD) was determined by using Fast Fourier transform. From the APSD curve of each channel of JKT03, the cut off frequency of each channel can be determined by using linear regression technique such that the prompt neutron decay constant can be estimated

### PENDAHULUAN

Kemajuan dalam teknologi elemen bakar di negara maju yang cukup cepat pada akhir abad 20 dan ditunjang dengan fasilitas fabrikasi yang tersedia di P2TBDU-BATAN, para pemimpin BATAN telah memutuskan untuk mengganti jenis elemen bakar dari Oksida ke Silisida dengan densitas yang sama besar dan kemudian densitas lebih besar. Penggantian elemen bakar tersebut dilakukan secara bertahap, sehingga menghasilkan beberapa teras transisi. Dengan penggantian elemen bakar tersebut, karakteristik reaktor baik yang statik maupun yang kinetik akan sedikit berubah Karakteristik kinetik

reaktor, terutama parameter kinetik usia neutron ( $\ell$ ), fraksi efektif neutron kasip ( $\beta$ ), dan konstanta peluruhan neutron serempak ( $\alpha$ ), serta reaktivitas yang merupakan parameter-parameter penting yang berkaitan dengan keselamatan operasi reaktor harus diukur secara teliti dan dimonitor terus-menerus. Perubahan oksida ke silisida dengan densitas yang sama besar akan menurunkan sedikit harga  $\beta$  dan  $\ell$ , sehingga harga perbandingannya,  $\alpha = \frac{\beta}{\ell}$ , tidak berubah besar. Harga  $\alpha$  untuk oksida sedikit lebih besar dibanding  $\alpha$  untuk silisida.

Besar penyisipan dan total reaktivitas batang kendali, reaktivitas margin pemadaman merupakan

parameter kinetik yang dapat ditentukan secara langsung melalui eksperimen metode kinetik balik (inverse kinetic method) atau batang kendali jatuh bebas (*rod drop*)<sup>(1)</sup> yang mengganggu operasi normal. Metode untuk menentukan  $\alpha$  yang tidak mengganggu operasi normal reaktor adalah metode analisis derau<sup>(2,3)</sup>. Metode tersebut telah digunakan pada saat komisioning nuklir RSG-GAS berbahan bakar Oksida dan berhasil baik terutama untuk daya reaktor tinggi<sup>(4)</sup>. Sedangkan untuk daya rendah hasil yang diperoleh kurang memuaskan, karena disebabkan oleh rendahnya efisiensi detektor dan latar belakang gamma yang tinggi.

Metode eksperimen derau pada daya tinggi akan digunakan dalam penentuan  $\alpha$  dari teras transisi Silisida. Sinyal tegangan fluks neutron dari beberapa detektor neutron dimasukan ke Digital Signal Analyzer Versi 2 (DSA-2)<sup>(5)</sup> untuk disimpan dan dievaluasi dengan menggunakan transformasi Fourier cepat sehingga diperoleh rapat spektrum daya pribadi (RSDP) neutron. Titik potong pada frekuensi rendah dari kurve rapat spektrum neutron berkaitan erat dengan konstanta peluruhan neutron kasip. Sedangkan titik potong kedua yang terjadi pada frekuensi tinggi berkaitan dengan konstanta peluruhan neutron serempak. Penentuan titik potong dengan menggunakan regresi linier sehingga frekuensi patah dari kurve dan  $\alpha$  dapat ditentukan.

## TEORI

### Fungsi Pindah Reaktor dan Rapat Spektrum Daya Pribadi (RSDP).

Fungsi pindah reaktor merupakan representasi dari hubungan antara sinyal keluaran dan sinyal masukan yang melewati detektor neutron.  $G(f)$  merupakan fungsi pindah reaktor pada daya tinggi yang dinyatakan dengan fungsi pindah dari pengaruh reaktivitas dan suku-suku fungsi pindah daya nol sbb:

$$G(f) = G_0(f) / \{1 + G_0(f)H(f)\} \quad (1)$$

di mana

$$G_0(f) = 1 / (j\omega + \alpha) \quad (2)$$

$$H(f) = \text{Fungsi pindah umpan balik.}$$

Rapat daya spektrum yang dinormalisir dari suatu detektor merupakan gabungan informasi tentang fungsi pindah dan derau reaktivitas serta dengan mengasumsikan bahwa rapat daya spektral pribadi daya rendah diabaikan maka dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$\text{NRS DP} = \text{RSDP} / (N_0)^2$$

$$= |G(f)|^2 [2 |\rho(f)|^2 / T_d] \quad (3)$$

$2 |\rho(f)|^2 / T_d$  - spektrum reaktivitas yang dinyatakan dengan suku-suku amplitudo Fourier.

Dengan menggunakan teknik pencocokan data eksperimen terhadap kurva NRS DP teoritis persamaan (3) dan menggunakan teknik regresi linier, maka diperoleh titik potong frekuensi patah ( $f_b$ ). Harga konstanta peluruhan neutron serempak ( $\alpha$ ) dapat dihitung dari hubungan

$$\alpha = \omega = 2\pi f_b$$

## TATA KERJA

Pengambilan, pengumpulan, penyimpanan dan perhitungan data eksperimen pada daya 15 MW dilakukan dengan menggunakan Dynamic Signal Analyzer (DSA-2). Secara umum urutan proses penentuan RSD sbb:

1. Membaca semua data kasar hasil pengukuran,
2. Menghitung rerata waktu,
3. Menghitung rerata pembobot,
4. Menghitung data kasar termasuk harga reratanya,
5. Menormalisasi data untuk menghitung spektra ternormalisasi,
6. Menentukan frekuensi patah dari kurva NRS DP.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

Dalam teras ke-38 sudah dimasukkan 13 buah elemen bakar silisida dengan densitas 2,69 gr/cc U-235. Eksperimen derau untuk kanal-kanal JKT03 dilakukan dari Ruang Kendali Utama Reaktor (RKUR). Beberapa hasil RSDP dari data eksperimen derau RSG-GAS yang keluar dari detektor neutron kamar ionisasi pada tingkat daya reaktor 15 MW. Posisi detektor dan instrumentasi yang digunakan untuk eksperimen derau pada daya tinggi dapat dilihat pada **Gambar 1**.

NRS DP untuk JKT03 CX811, JKT03 CX821, JKT03 CX831, dan JKT03 CX841 pada tingkat daya reaktor 15 MW dapat dilihat pada **Gambar 2**.

### Pembahasan

Pada **Gambar 2**, bentuk dari masing-masing ke-empat kurve NRS DP pada daya 15 MW mirip bentuk kurve teoritis untuk frekuensi-frekuensi rendah sekitar 0,4Hz - 8 Hz. Untuk frekuensi lebih tinggi dari 8 HZ bentuk kurve tidak lagi mirip dengan kurve teoritis. Bentuk kurve teoritis NRS DP dapat dilihat pada Gambar 3. Penyimpangan bentuk kurve eksperimen pada frekuensi pada suhu tinggi,

pengaturan lebar pita frekuensi yang sempit di sekitar harga 8 Hz dari instrumentasi reaktor, dan pengaruh frekuensi tegangan PLN pada 50 Hz.

Diperhatikan dari segi respon detektor neutron masih beroperasi baik. Akan tetapi, titik frekuensi patah reaktor yang secara teoritis seharusnya berada pada sekitaar 20 Hz, tidak tampak jelas sehingga estimasi harga konstanta peluruhan neutron serempak tidak dapat ditentukan dengan baik. Pada kurve JKT03 CX831 tampak ada penurunan kurve yang tidak begitu jelas di sekitar frekuensi 20 Hz dibanding dengan kurve-kurve lainnya. Pada kurve selain kurve JKT03 CX831, indikasi penurunan terjadi di sekitar frekuensi 8 Hz yang sesuai dengan pengaturan lebar pita frekuensi dari instrumentasi.

### KESIMPULAN

Eksperimen derau daya 15 MW menghasilkan bentuk NRSDDP yang menunjukkan kesesuaian dengan bentuk kurve teoritis untuk frekuensi – frekuensi rendah antara 0,4 Hz – 8Hz, tetapi terdapat penyimpangan bentuk kurve pada frekuensi lebih tinggi dari 8 Hz. Penyimpangan bentuk kurva pada frekuensi tinggi tersebut mengakibatkan tidak jelasnya posisi frekuensi patah dari reaktor, sehingga harga konstanta peluruhan neutron serempak sukar ditentukan.

### DAFTAR PUSTAKA

1. OTT, K.O., NEUHOLD, R.J., *Introductory Nuclear Reactor Dynamics*, American Nuclear Society, LA, Grance Park, Illionois, USA, (1985)
2. R. E. UHRIG, *Random noise techniques in nuclear reactor system*, The Ronald press company, New York, 1970.
3. J. A. THIE, *Power Reactor Noise*, American Nuclear Society, La Grange Park, Illinois, 1981.
4. UJU JUJURATISBELA, Aplikasi Metode Analisis Derau di RSG-GAS, Pertemuan dan Presentasi Ilmiah, PPNY-BATAN, Yogyakarta, 28-30 April 1992.
5. ECN-DSA-2, "On-line Dynamic Signal Analyzer, DSA-2, Version 1.0 (March, 1993)", Netherlands.

### DISKUSI

**Pertanyaan :** (Suroso)

1. Pada kesimpulan, dinyatakan mendekati perhitungan teoritisnya menurut saya sebaiknya dibandingkan agar kesimpulan tersebut nyata.
2. Perbedaan harga pada JKT yang berbeda apa penyebabnya ?
3. Teras silisida yang dihitung bagaimana perbedaannya dengan teras sebelumnya (oksida)

### SARAN

1. Perlu dilakukan eksperimen-eksperimen derau dengan pengaturan kondisi instrumentasi yang lebih baik , yaitu dengan memperlebar pita frekuensinya yang mencakup frekuensi patah reaktor, sehingga konstanta peluruhan neutron serempak dapat diestimasikan dari bentuk kurve NRSDDP.
2. Untuk memperoleh harga konstanta peluruhan neutron serempak yang lebih akurat, perlu dilakukan perhitungan yang menggunakan perangkat lunak yang tepat

### UCAPAN TERIMA KASIH

Kepada semua pihak yang telah membantu baik dalam pelaksanaan eksperimen maupun pada saat penulisan makalah ini, kami mengucapkan banyak terima kasih.

Ucapan terima kasih secara khusus ditujukan kepada grup Bidang Operasi Reaktor P2TRR yang telah dengan sabar melayani eksperimen kami. Juga ucapan terima kasih ditujukan kepada saudara Jaka Iman dari Bidang Pengembangan Teknologi Reaktor.

**Jawaban :** (Uju Jujuratisbella)

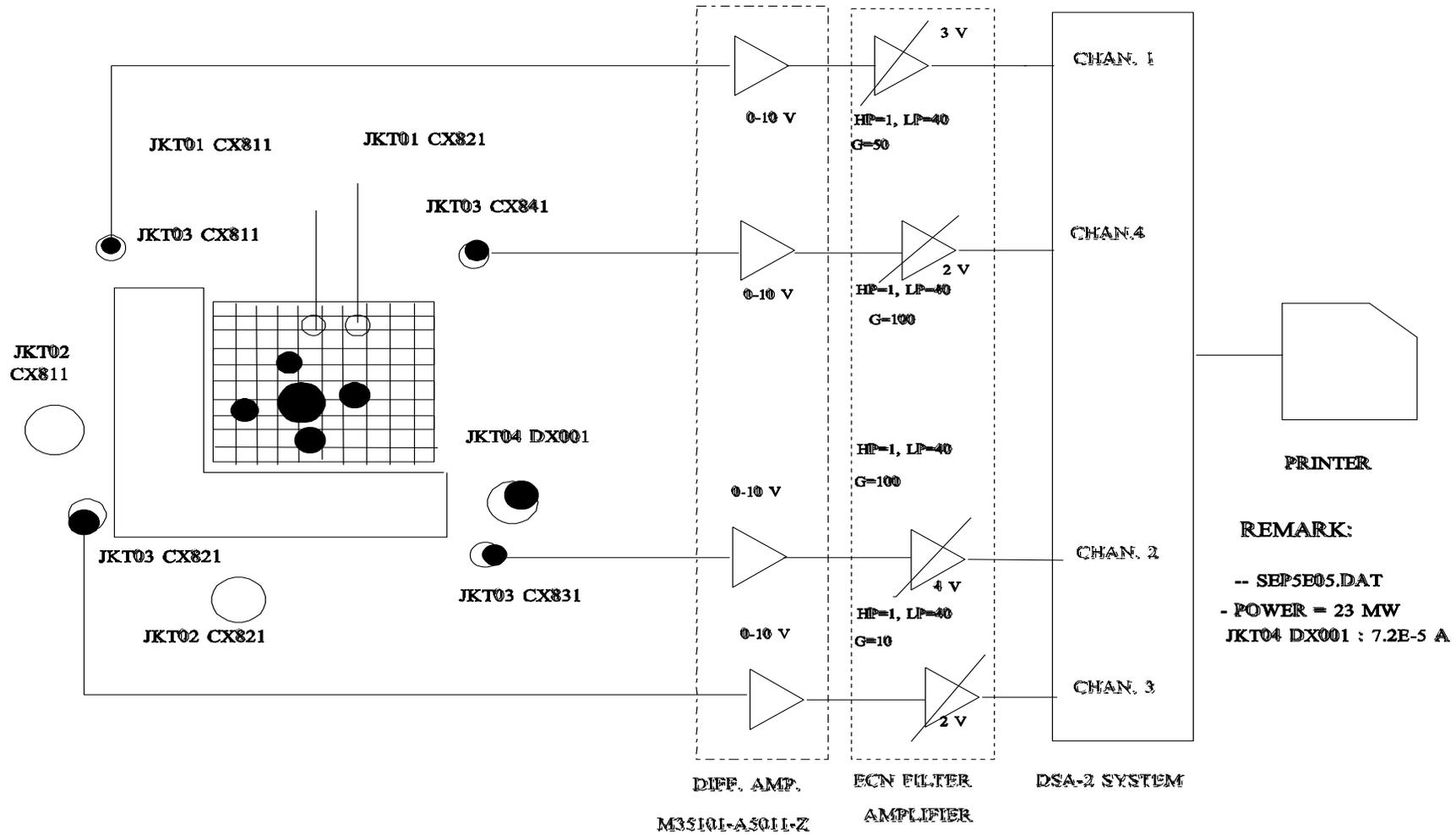
1. Grafik teoritis akan dimasukkan dalam makalah supaya dapat dibandingkan setiap saat pengukuran dilakukan, meskipun bandingan teori dan eksperimen diperlukan pada saat teras sudah berisi penuh oleh silisida.
2. Besarnya harga rapat Spektrum Daya Pribadi sangat bergantung pada posisi detektor neutron terhadap teras reaktor. Detektor yang tak terhalang reflektor akan memperoleh berkas neutron yang besar sehingga RSDP besar. Besar atau kecilnya RSDP bergantung pada besar kecilnya berkas neutron yang sampai ke detektor.
3. Pertanyaan ini terlalu umum, yang dilakukan dalam eksperimen derau ini untuk mengukur konstanta peluruhan neutron serempak ( $\alpha$ ). Karena densitas silisida dan oksida sama besar, harga  $\alpha$  akan tidak berubah banyak.

**Pertanyaan :** (Tukiran)

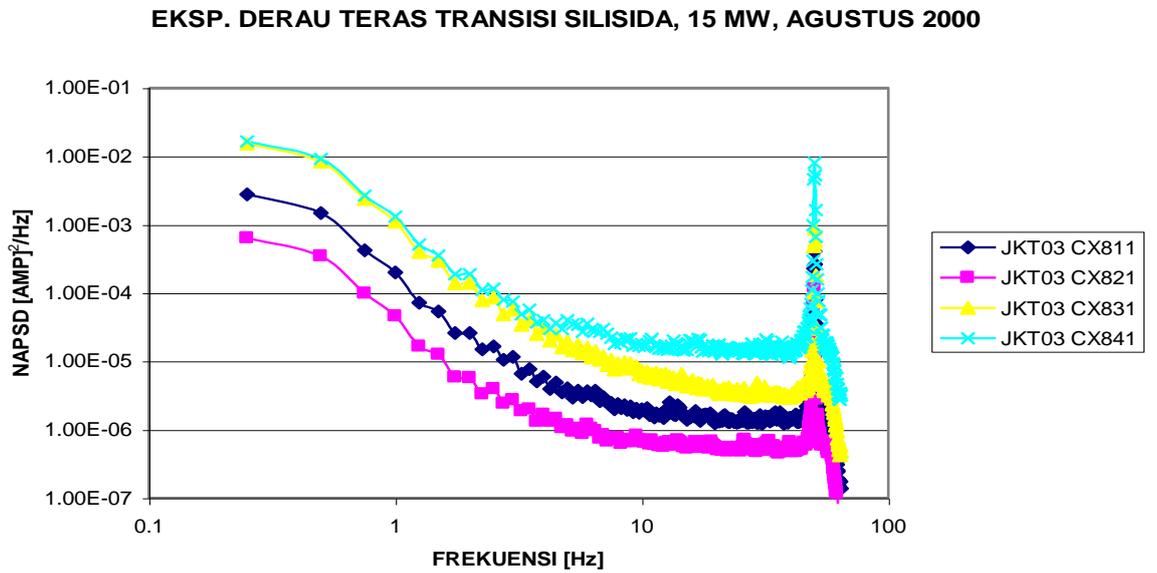
1. Kenapa dilakukan pada daya tinggi ?
2. Berapa diset *high pass* filter dan *low pass* filternya ?

**Jawaban :** (Uju Jujuratisbella)

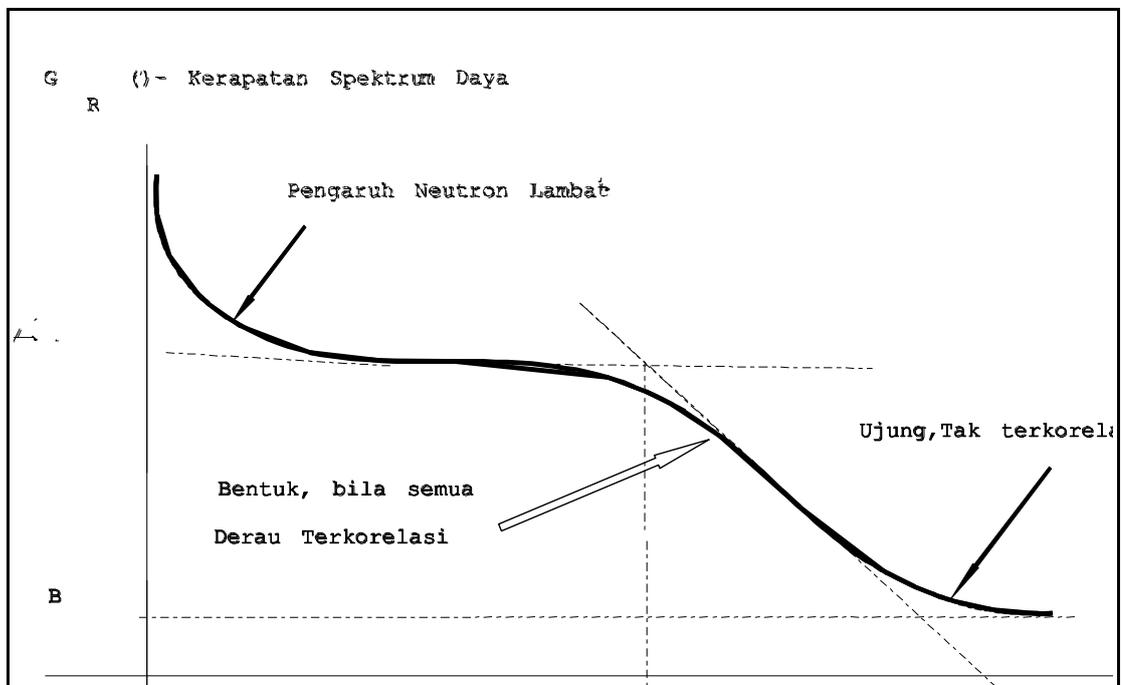
1. RSG-GAS merupakan reaktor daya medium 30 MW. Instrumentasi reaktor diatur sedemikian rupa sehingga terjamin keselamatan operasinya pada daya tinggi yang akan dimanfaatkan oleh para pengguna jasa iradiasi oleh karena itu, perlu mengetahui harga konstanta peluruhan neutron serempak ( $\alpha$ ) pada daya tinggi. Selain itu, instrumentasi reaktor ini, tidak diatur untuk operasi daya rendah (*zero power reactor*), sehingga pengukuran dalam daya rendah sulit dilaksanakan dengan kondisi eksperimen yang memadai untuk *zero power reactor*.
2. *High pass* filter di set pada 1 Hz dan *Low pass* filter di set pada 40 Hz.



Gambar 1: Instrumentasi untuk pengukuran derau neutron pada daya 15MW di RSG-GAS.



Gambar 2. Rapat spektrum daya pribadi (RSDP) ternormalisasi dari JKT03 CX811, JKT03 CX821, JKT03 CX831, dan JKT03 CX841. Ekperimen dilakukan pada bulan Agustus 2000 dengan daya reaktor 15 MW.



Gambar 3: Rapat Spektrum Daya pribadi teoritis untuk reaktor riset berbahan bakar U-235