

PENGUKURAN KOEFISIEN REAKTIVITAS VOID DI KANAL ANTARA DUA PLAT ELEMEN BAKAR

Lily Suparlina

Pusat Reaktor Serba Guna - Badan Tenaga Atom Nasional

ABSTRAK

PENGUKURAN KOEFISIEN REAKTIVITAS VOID DI KANAL ANTARA DUA PLAT ELEMEN BAKAR. Untuk mengetahui harga koefisien reaktivitas *void* di moderator, telah dilakukan pengukuran koefisien *void*. Pengukuran dilakukan dengan mensimulasi udara yang terdapat dalam stirofom ke dalam kanal antara 2 plat elemen bakar. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan elemen bakar baru, jenis MTR, terdiri dari 9 plat elemen bakar U-235 pengkayaan tinggi (90%). Stirofom yang digunakan mengandung 85,6% udara dan mempunyai titik leleh pada suhu 100°C. Untuk mengetahui efek reaktivitas, pengukuran reaktivitas dilakukan dengan metode batang kendali jatuh serta kurva kalibrasi dilakukan pada operasi daya rendah. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa, koefisien reaktivitas *void* pada posisi tengah elemen bakar akan lebih besar dari posisi luar.

ABSTRACT

VOID REACTIVITY COEFFICIENT MEASUREMENT BETWEEN TWO FUEL PLATES. In order to know the value of moderator void reactivity coefficient, a measurement had been carried out. It was done by air simulation using styrofoam insertion between two fuel plates. The measurement used fresh fuel of MTR type, consists of 9 fuel plates, high enrichment U-235 (90%). Styrofoam consists of 85.6% of air and melts at about 100°C. For the reactivity effect, reactivity measurement was done by rod drop method and calibration curve operated at low power. The measurement results showed that the void reactivity coefficient at the center position of fuel is higher than at the outside position.

PENDAHULUAN

Koefisien Reaktivitas *Void* (KRV) merupakan parameter penting yang menentukan keselamatan *inherent* teras reaktor. Pada reaktor riset yang menggunakan elemen bakar jenis plat (jenis MTR), efek reaktivitas *void* pada daerah elemen bakar didesain sedemikian rupa sehingga mempunyai umpan balik yang dominan.

Untuk mengetahui besarnya harga koefisien reaktivitas *void* di moderator, telah dilakukan pengukuran koefisien *void* yang dilakukan dengan mensimulasi udara yang dimasukkan di antara plat elemen bakar, menggunakan stirofom yang 86,5% mengandung udara. Elemen bakar yang digunakan adalah elemen bakar baru jenis MTR dengan pengkayaan tinggi (90%) U-235. Elemen bakar tersebut digunakan pada reaktor daya rendah di ECN. Petten, Netherland.

Reaktor daya rendah milik ECN yang terletak di Petten-Netherland, adalah suatu reaktor nuklir jenis Argonaut, dengan daya nominal 30 KW. Teras reaktor berbentuk silinder, dengan reflektor grafit pada bagian dalam dan luarnya, berpendingin air ringan. Teras aktif reaktor se-

perempat teras berdekatan dengan plat elemen kendali. Teras aktif reaktor mempunyai 2 x 5 elemen bakar. Masing-masing elemen bakar mempunyai 9 buah plat elemen bakar dengan ukuran 61,49 x 0,965 x 609,6 mm³. Jarak antar plat adalah 6,07 mm. Pengukuran dilakukan dengan mensimulasi udara dengan cara menyisipkan stirofom polistiren di antara 2 plat elemen bakar. Lembaran stirofom terbuat dari polistirel (C₆H₅-CH-CH₂)_x, dengan ukuran 600 x 39,2 x 3,2 mm³ yang kedua sisinya dilapisi melamin.

Pengukuran dilakukan untuk beberapa posisi teras yang berbeda dan jumlah stirofom yang berbeda pula. Untuk mengetahui efek reaktivitas yang ditimbulkan, pengukuran dilakukan dengan metode batang kendali jatuh dan kurva kalibrasi.

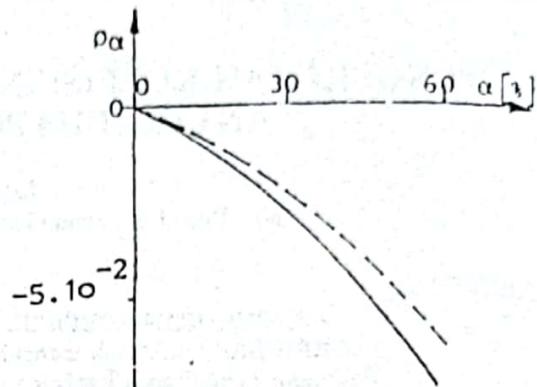
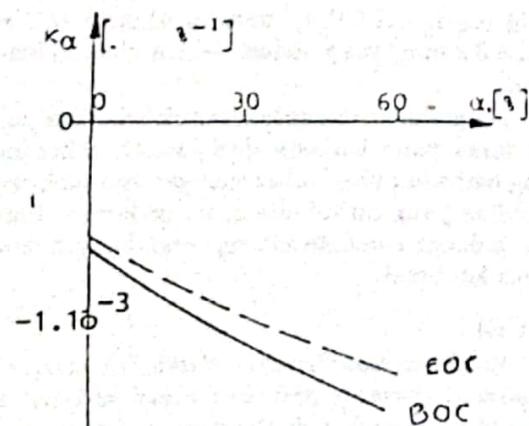
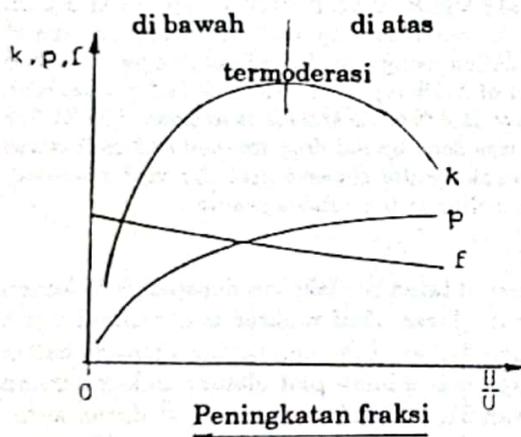
TEORI

Koefisien reaktivitas *void* didefinisikan sebagai suatu besaran dari perubahan reaktivitas yang diakibatkan oleh volume *void* terhadap volume air dalam teras reaktor, yang dinyatakan dalam satuan persen. Efek *void* pada

reaktivitas bergantung pada posisinya di dalam teras.

Void di moderator akan mengurangi kerapatan moderator dan berpengaruh pada kebolehan bebas resonansi (resonansi escape probability) p dan faktor guna termal (thermal utilization) f . Perubahan kerapatan moderator berpengaruh pada ratio H/U . Penurunan kerapatan moderator yang diakibatkan oleh adanya void akan mengurangi ratio H/U . Karena p dan f bergantung pada ratio H/U , maka faktor multiplikasi juga terpengaruh.

Dalam suatu reaktor termal, kenaikan void menyebabkan penurunan harga p dan sedikit kenaikan f , tetapi k secara keseluruhan menurun. Dalam suatu reaktor yang termoderasi lebih (overmoderated) terjadi kebalikannya.



Kerapatan moderator (termasuk void) dipengaruhi oleh tekanan dari suatu sistem. Perubahan reaktivitas yang disebabkan oleh adanya void dapat digambarkan sebagai berikut :

$$\Delta \rho \alpha = k \alpha \cdot \Delta \alpha \quad (1)$$

perubahan reaktivitas karena perubahan fraksi void.

$k \alpha$: koefisien void ($\%^{-1}$)

$\Delta \alpha$: perubahan fraksi void (%)

Koefisien reaktivitas K memberikan perubahan reaktivitas per unit perubahan fraksi void. Umpan balik reaktivitas keseluruhan karena void disebut harga reaktivitas void dan karakternya ditunjukkan pada gambar di atas.

TATA KERJA

Pemasukan void yang disimulasikan dengan pemasukan stirofom, hanya separuh bagian kanal yang terisi. Agar air tetap berhubungan dengan tepi plat elemen bakar.

Peralatan yang digunakan :

- elemen bakar baru.
- kurva kalibrasi batang kendali

Pengukuran dilakukan pada beberapa posisi teras dengan jumlah stirofom yang berbeda. Posisi pengukuran adalah : A-19 posisi di pusat teras, A-21 dan A-17 posisi di teras bagian luar.

Prosedur pengukuran :

1. Elemen bakar yang berada di posisi A-19 dikeluarkan, ditukar dengan elemen bakar baru. Reaktor dikritisikan pada daya 1 watt. Dilanjutkan dengan pengukuran reaktivitas.
2. Keluarkan elemen tersebut, untuk dimasuki stirofom di antara plat 3 dan 4. Kemudian elemen bakar tersebut dimasukkan kembali ke posisi A-19, dilanjutkan dengan pengukuran reaktivitas.

3. Elemen bakar dikeluarkan kembali, stirofom dimasukkan antara plat 6 dan 7 dilanjutkan dengan pengukuran reaktivitas.
4. Dengan cara yang sama dilakukan pengukuran reaktivitas dengan penyisipan 2 lembar stirofom antara plat 1 & 2 dan antara plat 8 & 9.
5. Penyisipan 2 lembar stirofom antara plat 3 dan 4 dan antara plat 6 & 7.
6. Elemen bakar baru yang digunakan untuk eksperimen dikeluarkan dari posisi A-19, bahan bakar semula dimasukkan kembali ke posisi A-19.
7. Pengukuran selanjutnya dilakukan dengan cara yang sama untuk posisi A-17 dan A-21

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi pengukuran dan harga reaktivitas ditunjukkan pada Tabel 1, 2 dan 3 masing-masing untuk posisi A-19, A-21 dan A-17.

Tabel 1. Kondisi pengukuran void pada posisi A-19.

Keterangan	t (°)	Posisi batang kendali	Reaktivitas (pcm)	Perubahan reaktivitas (pcm)
Kosong	21,21	50	- 415	-
1 sty 3-4	21,50	57,6	- 490	75
2 sty 3-4, 6-7	21,50	67,5	- 610	120

Tabel 2. Kondisi pengukuran void pada posisi A-21.

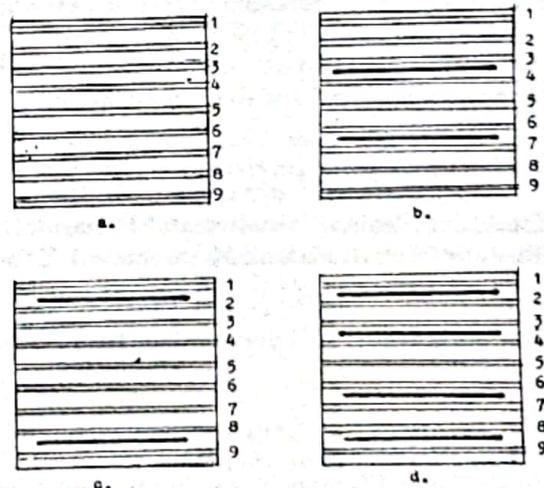
Keterangan	t (°)	Posisi batang kendali	Reaktivitas (pcm)	Perubahan reaktivitas (pcm)
Kosong	21,00	55,9	- 475	-
2sty1-2, 8-9	21,00	62,2	- 555	80
4sty 1-2,3-4, 6-7,8-9	21,00	73,1	- 615	60

Tabel 3. Kondisi pengukuran void pada posisi A-17.

Keterangan	t (°)	Posisi batang kendali	Reaktivitas (pcm)	Perubahan reaktivitas (pcm)
Kosong	21,50	52,6	- 430	-
2sty1-2, 8-9	21,50	59,5	- 515	85
4sty 1-2,3-4, 6-7,8-9	21,50	66,6	- 575	60

Suhu moderator pada saat dilakukan pengukuran sekitar 21 - 21,5 °C. Ketinggian batang kendali (300 mm) dinyatakan dalam persen (%).

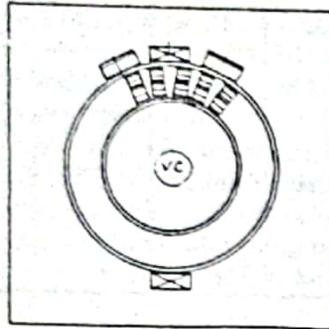
Untuk pengukuran void pada posisi A-19, pengukuran dilakukan pada kondisi kosong, terisi 1 stirofom (antara kanal 3-4) dan terisi 2 stirofom (antara kanal 3-4 dan 6-7), ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Tampang lintang bahan bakar.
□ - plat elemen bakar no. 1 s/d 9.
■ - lembaran stirofom.

Hasil menunjukkan bahwa terjadi perubahan reaktivitas (pcm) yang cukup besar pada kondisi satu kanal terisi void dan sangat besar

pada kondisi dua kanal terisi *void*. Ini disebabkan, karena daerah kanal yang berisi *void* berada di bagian tengah elemen bakar. Selain itu juga dikarenakan posisi elemen bakar tersebut di teras dekat dengan batang kendali (Gambar 1) sehingga memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap batang kendali.



Gambar 1. Teras reaktor fluks rendah (LFR)

Harga koefisien reaktivitas *void* dinyatakan dalam satuan persen/ml air. Contoh pada posisi A-19 bila terjadi *void* diantara kanal 3-4 adalah sebesar - 1,16 per ml air (Tabel 4).

Itu berarti bila terjadi *void* di bagian pusat teras maka akan memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap teras dibandingkan bila terjadi *void* di teras bagian luar. Dengan demikian sesuai dengan persamaan (1) bila perubahan reaktivitas semakin besar, maka harga koefisien reaktivitasnya semakin besar dan harga terbesarnya berada pada daerah pusat teras.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bock, H., Reactor Kinetics and Dynamics, Course manual RTC on the use of PC in Research Reactor Operations and Management, Bandung (Nopember 1991).
2. Hudi Hastowo, Perhitungan KRV RSG-GAS, makalah pada PPI, Jakarta (2-3 Pebruari 1993).
3. Komunikasi pribadi dengan DR. Han De Haas di ECN - Petten, Netherlands.

DISKUSI

Darwis Isnaeni:

KRV di Pusat Elemen Bakar lebih besar dibanding dibagian pinggir. Bagaimana caranya agar KRV di Pusat Elemen Bakar bisa turun menjadi sama dengan yang di pinggir ?

Lily Suparlina:

Sampai saat ini saya belum memikirkan bagaimana cara memperkecil *void* ditengah elemen bakar. Namun bila diinginkan itu berarti elemen bakar harus didesain sedemikian agar *void* tidak berpengaruh banyak terhadap perubahan reaktivitas.

Tabel 4. Koefisien reaktivitas *void* di LFR dalam pcm/ml air.

Posi- si di ter- ras	Koefisien Reaktivitas void (pcm/ml air)			
	1 stiro- fom 3-4	2 stiro- fom 3-4, 6-7	2 stiro- fom 1-2,8-9	4 stiro- fom 1-2, 3-4, 6-7, 8-9
A - 19	- 1,16	- 1,51	-	-
A - 21	-	-	- 0,62	- 0,54
A - 17	-	-	- 0,66	- 0,56

KESIMPULAN

Koefisien Reaktivitas *Void* adalah merupakan parameter yang sangat penting untuk keselamatan teras reaktor dari sisi reaktivitas. Ditinjau dari posisi elemen bakar MTR, maka dari hasil pengukuran menunjukkan, bahwa perubahan reaktivitas negatif terbesar di LFR akan terjadi apabila terdapat/terjadi *void* pada elemen bakar yang berada di pusat teras.

Bila ditinjau dari posisi *void* yang pada plat-plat bahan bakar MTR, maka *void* yang berada di tengah-tengah elemen bakar akan memberikan perubahan reaktivitas negatif yang lebih besar dibanding dengan apabila *void* tersebut berada di bagian tepi elemen bakar MTR. Hal ini sangat penting artinya pada desain elemen bakar MTR.