

ANALISIS MANAJEMEN TERAS TRANSISI REAKTOR RSG-GAS MENUJU TERAS SETIMBANG SILISIDA

Tagor Malem Sembiring, Lily Suparlina, Tukiran

ABSTRAK

ANALISIS MANAJEMEN TERAS TRANSISI REAKTOR RSG-GAS MENUJU TERAS SETIMBANG SILISIDA. Konversi teras reaktor RSG-GAS dari bahan bakar oksida menuju silisida dengan kerapatan 2,96 g U/cc sedang dilakukan. Sampai akhir tahun 2000 reaktor sudah dioperasikan dengan 3 buah teras transisi yang merupakan teras campuran oksida-silisida. Berdasarkan penelitian sebelumnya, telah diperoleh parameter neutronik hasil perhitungan untuk seluruh teras transisi dan diperlukan 10 buah teras transisi untuk mendapatkan teras penuh silisida. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan bahan bakar silisida di teras campuran oksida-silisida terhadap parameter teras seperti reaktivitas lebih teras dan margin padam. Pengukuran parameter tersebut dilakukan dengan metode kompensasi batang kendali berpasangan. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa dengan bertambahnya bahan bakar silisida maka reaktivitas lebih teras cenderung menurun. Sedangkan margin padam tidak berubah akibat penambahan bahan bakar silisida. Dengan demikian, teras transisi dapat dioperasikan dengan aman sampai diperoleh teras penuh silisida.

ABSTRACT

ANALYSIS OF CORE MANAGEMENT FOR THE TRANSITION CORES OF RSG-GAS REACTOR TO FULL-SILICIDE CORE. The core conversion of RSG-GAS reactor from oxide to silicide core with meat density of 2.96 gU/cc is still doing. At the end of 2000, the reactor has been operated for 3 transition cores which is the mixed core of oxide-silicide. Based on previous work, the calculated core parameter for the cores were obtained and it is needed 10 transition cores to achieve a full-silicide core. The objective of this work is to acquire the effect of the increment of the number of silicide fuel on the core parameters such as excess reactivity and shutdown margin. The measurement of the core parameters was carried out using the method of compensation of couple control rods. The experiment shows that the excess reactivity trends lower with the increment of the number of silicide fuel in the core. However, the shutdown margin is not change with the increment of the number of silicide fuel. Therefore, the transition cores can be operated safely to a full-silicide core.

PENDAHULUAN

Program konversi teras RSG-GAS dari bahan bakar oksida (U_3O_8 -Al) ke bahan bakar silisida (U_3Si_2 -Al), dengan kerapatan *meat* 2,96 gU/cm³, telah dimulai pada pertengahan tahun 1999. Sampai dengan saat ini, awal tahun 2001, teras RSG-GAS telah menyisipkan 17 buah elemen bakar (EB) silisida dan 2 buah elemen kedali (EK) atau sama dengan 4 buah teras transisi. Bila RSG-GAS dioperasikan 4 siklus operasi per tahun, maka di akhir tahun 2002 teras RSG-GAS sudah penuh dengan bahan bakar silisida. Dengan demikian, teras setimbang silisida RSG-GAS dicapai dengan

beberapa teras transisi, yaitu teras campuran oksida-silisida.

Desain neutronik teras transisi campuran oksida dan silisida reaktor RSG-GAS telah selesai dilakukan [1] dengan hasil sebagai berikut:

- parameter neutronik teras hasil perhitungan dengan program difusi neutron Batan-EQUIL-2D [2], seperti yang disajikan dalam Tabel 1, menunjukkan bahwa seluruh parameter tersebut memenuhi batasan keselamatan operasi reaktor.
- penggunaan teras campuran oksida dan silisida tidak mengubah profil pembangkitan panas ke arah aksial.

Tabel 1. Parameter teras transisi campuran oksida-silisida hasil perhitungan

Teras Transisi	Siklus Operasi ^{*1} (MWD)	ρ_{ex} (%)	ρ_{OSR} ^{*2} (%)	BU Max. (%) ^{*3}	BU rerata BOC (%) ^{*4}	BU rerata EOC (%) ^{*5}	FPD radial maksimum ^{*6}
TMIX-1	539.216	9.83	-1.08	53.9	24.0	29.6	1.21
TMIX-2	614.300	10.05	-0.85	53.8	23.3	29.7	1.21
TMIX-3	614.300	9.99	-0.95	53.8	23.4	29.9	1.21
TMIX-4	614.300	9.91	-1.05	53.8	23.5	30.0	1.20
TMIX-5	614.300	9.84	-1.12	53.8	23.6	30.1	1.21
TMIX-6	614.300	9.77	-1.19	53.9	23.7	30.1	1.21
TMIX-7	614.300	9.70	-1.26	53.9	23.8	30.2	1.21
TMIX-8	614.300	9.62	-1.32	53.9	23.9	30.3	1.20
TMIX-9	614.300	9.55	-1.39	54.5	24.0	30.4	1.21
TMIX-10 ^{*7}	614.625	9.54	-1.41	54.4	24.0	30.4	1.21

Catatan :

*1: pada daya penuh 30 MWth;

*3: fraksi bakar maksimum,

*5: fraksi bakar rerata di akhir siklus;

*7: teras transisi penuh silisida.

*2: margin padam;

*4: fraksi bakar rerata di awal siklus;

*6: faktor puncak daya radial maksimum ;

Manajemen teras transisi untuk membentuk teras reaktor RSG-GAS penuh silisida dilakukan dengan pola manajemen teras yang diusulkan oleh Liem *et al.* [3], yaitu pergeseran dan pengeluran bahan bakar, seperti yang disajikan dalam Tabel 2. Berdasarkan pola manajemen teras tersebut di setiap

awal siklus ada 5 buah EB dan 1 buah EK yang dimasukkan ke teras. Oleh karena itu, berdasarkan pola tersebut diperlukan 10 buah teras transisi untuk mendapatkan teras penuh silisida seperti disajikan dalam Gambar 1 dan 2.

Tabel 2. Strategi manajemen teras transisi campuran oksida-silisida reaktor RSG-GAS.

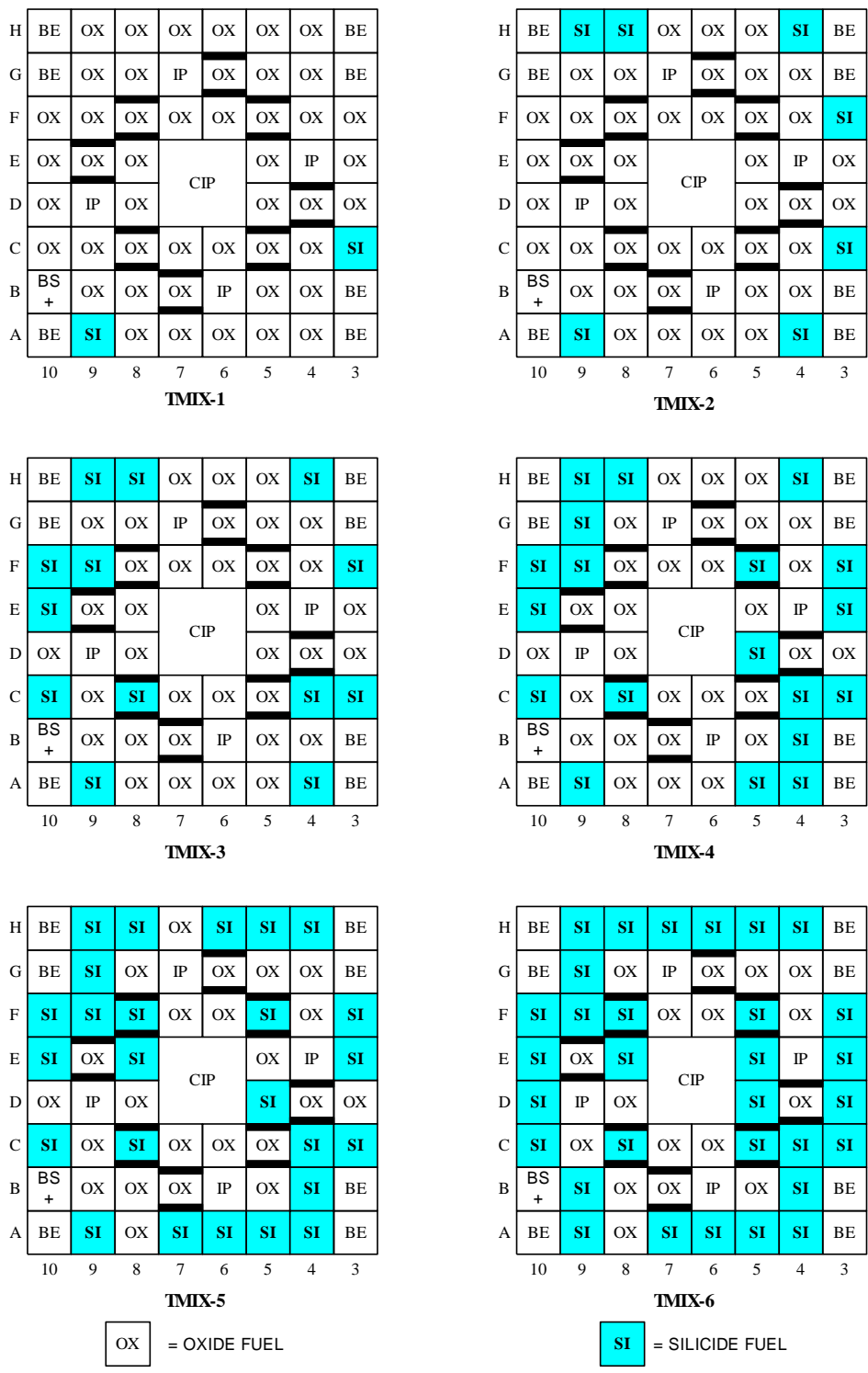
Dari	Ke	Dari	Ke	Dari	Ke
H-9	F-10	F-5	F-8	C-7	B-8
H-8	C-4	F-4	F-6	C-6	G-5
H-7	F-7	F-3	C-10	C-5	D-4
H-6	D-10	E-10	B-4	C-4	D-5
H-5	E-5	E-9	G-6	C-3	H-8
H-4	F-9	E-8	D-3	B-9	C-9
G-9	E-8	E-5	A-8	B-8	keluar
G-8	keluar	E-3	A-7	B-7	keluar
G-6	B-7	D-10	G-4	B-5	keluar
G-5	G-8	D-8	keluar	B-4	A-6
G-4	C-7	D-5	H-5	A-9	A-4
F-10	G-9	D-4	E-9	A-8	B-5
F-9	A-5	D-3	C-6	A-7	H-7
F-8	C-5	C-10	E-3	A-6	B-9
F-7	F-4	C-9	D-8	A-5	H-6
F-6	keluar	C-8	F-5	A-4	E-10

Sebelum teras transisi dioperasikan, maka terlebih dahulu dilakukan beberapa eksperimen untuk menentukan beberapa parameter teras, seperti reaktivitas lebih dan reaktivitas padam. Parameter ini harus dijaga sedemikian sehingga teras dapat

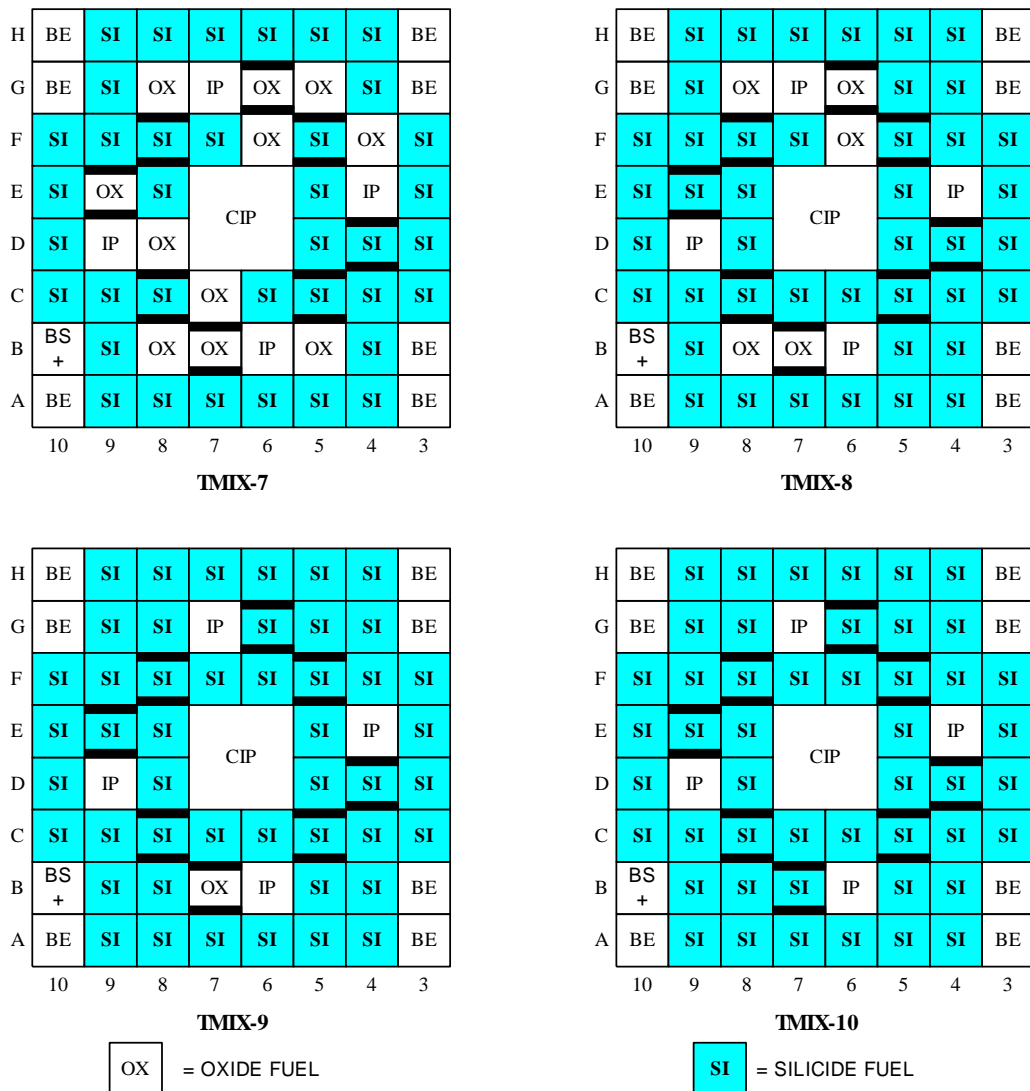
dioperasikan dan dikendalikan selama satu siklus operasi. Penelitian ini menyajikan seluruh hasil pengukuran parameter teras transisi campuran oksida-silisida untuk tiga teras transisi, yaitu konfigurasi teras TMIX-1, TMIX-2 dan TMIX-3,

yang masing-masing merupakan konfigurasi teras RSG-GAS ke 36, 37 dan 38. Dalam penelitian ini juga dibandingkan antara hasil pengukuran dan perhitungan. Tujuan penelitian ini adalah untuk

mengetahui pengaruh penambahan bahan bakar silisida di teras transisi campuran oksida dan silisida terhadap beberapa parameter teras.



Gambar 1. Enam dari sepuluh teras transisi campuran oksida-silisida reaktor RSG-GAS (contoh: TMIX-1 adalah teras transisi pertama)



Gambar 2. 4 buah terakhir dari 10 buah teras transisi terakhir reaktor RSG-GAS (misal. TMIX-7 adalah terak ke-7)

Disamping itu juga dilakukan eksperimen pengukuran reaktivitas elemen bakar silisida selama dioperasikan dalam tiga siklus teras transisi. Hasil pengukuran akan dibandingkan dengan hasil perhitungan untuk mengetahui akurasi dari perhitungan fraksi bakar EB silisida.

Dalam makalah ini akan disajikan metode eksperimen yang digunakan dalam mengukur parameter teras transisi. Kemudian diikuti oleh bagian yang menyajikan hasil eksperimen dan pembahasannya. Di akhir makalah akan disajikan kesimpulan penelitian ini.

METODE EKSPERIMEN

Pengukuran reaktivitas lebih teras

Pengukuran reaktivitas lebih teras dilakukan dengan pengukuran kalibrasi batang kendali di awal siklus teras. Kalibrasi batang kendali dilakukan dengan metode kompensasi berpasangan untuk seluruh pasangan batang kendali yaitu sebanyak 4 buah pasangan. Batang kendali yang akan dikalibrasi berada pada posisi 0 mm dan batang kendali kompensator berada pada posisi 600 mm sedangkan 6 buah batang kendali berada pada posisi yang sama (*bank*) dengan kondisi kritis. Setelah itu kedua batang kendali yang berpasangan dikalibrasi dengan bantuan *servorgor*

yang mencatat nilai reaktivitas batang kendali yang dimasukkan atau dikeluarkan secara bertahap.

Sebelum kalibrasi dilakukan, terlebih dahulu dilakukan pengritisan reaktor bebas sumber dengan kondisi 8 buah batang kendali pada posisi yang sama (*all bank*). Kemudian seluruh data pengukuran kalibrasi dimasukkan kedalam program interpolasi linier untuk memperoleh kurva reaktivitas setiap batang kendali dan kurva total batang kendali. Berdasarkan data hasil interpolasi akan diperoleh reaktivitas total batang kendali dan reaktivitas padam. Dengan demikian reaktivitas lebih teras dapat ditentukan.

Pengukuran reaktivitas elemen bakar

Pengukuran reaktivitas elemen bakar silisida dilakukan dengan cara:

- mengkritisikan reaktor dengan kondisi bebas sumber dan posisi *all bank*.

- 1 buah EB silisida dikeluarkan dari teras.
- Kemudian, reaktor dikritisikan kembali dengan posisi *all bank*.
- Reaktivitas EB silisida tersebut dihitung dari selisih posisi *all bank* pada saat EB di dalam dan di luar teras, yang harganya dapat ditentukan dari hasil kalibrasi batang kendali.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 3 menyajikan parameter reaktivitas 3 buah teras transisi campuran oksida-silisida yang diperoleh dari hasil kalibrasi batang kendali dengan metode kompensasi berpasangan. Jika dibandingkan dengan hasil perhitungan, maka perbedaan maksimum sebesar 37% di teras TMIX-1/36. Sedangkan untuk parameter margin padam, maka perbedaan maksimum sebesar 56% di teras TMIX-2/37.

Tabel 3. Hasil Pengukuran dan Perhitungan Parameter Reaktivitas Teras Transisi

Teras transisi	Reaktivitas lebih (% $\Delta k/k$)			Margin padam (% $\Delta k/k$)		
	Eks. ¹	Hitung ²	H/E ³	Eks. ¹	Hitung ²	H/E ³
TMIX-1/36	7,17	9,83	1,371	-1,22	-1,08	0,885
TMIX-2/37	9,65	10,05	1,041	-1,90	-0,85	0,447
TMIX-3/38	8,15	9,99	1,226	-	-0,95	-

Catatan: 1: eksperimen; 2: perhitungan; 3: perbandingan hasil perhitungan dan eksperimen.

Tabel 4. Reaktivitas Elemen Bakar Silisida di Teras Transisi

Teras	Nama Elemen	Posisi di Teras	$\Delta\rho$ (\$)		E/C*
			Eksperimen	Perhitungan	
TMIX-1/36	RI-225	A-9	0,55	0,63	0,87
	RI-224	C-3	0,93	0,89	1,04
TMIX-2/37	RI-225	A-4	0,95	0,76	1,25
	RI-253	A-9	0,71	0,69	1,03
TMIX-3/38	RI-225	E-10	1,04	-	-
	RI-224	C-4	0,90	-	-
	RI-253	A-4	0,90	-	-

Keterangan: * = perbandingan hasil eksperimen dan perhitungan.

Akan tetapi, hasil pengukuran dan perhitungan memberikan gambaran yang sama bahwa adanya kecenderungan reaktivitas lebih teras transisi akan turun akibat semakin banyaknya bahan bakar silisida yang dimasukkan ke teras. Tabel 3 menunjukkan bahwa hasil pengukuran memiliki penurunan reaktivitas yang lebih besar dibanding dengan hasil perhitungan. Tabel 3 juga menunjukkan bahwa margin padam teras transisi tidak dipengaruhi oleh jumlah bahan bakar silisida yang dimasukkan di dalam teras.

Ada beberapa penyebab terjadinya perbedaan yang besar antara hasil pengukuran dan perhitungan dalam penentuan reaktivitas lebih teras dan margin padam, yaitu:

- tidak dikoreksinya parameter reaktivitas teras akibat pengaruh *shadowing* atau *anti-shadowing* dalam interaksi antar batang kendali selama eksperimen kalibrasi batang kendali.
- Adanya perbedaan yang besar antara yang dipakai dalam perhitungan dan kenyataan yang sesungguhnya di teras pada nilai fraksi bakar EB dan EK.

Koreksi parameter teras akibat interaksi batang kendali tidak dilakukan dalam penelitian ini. Oleh karena itu, penyebab perbedaannya dievaluasi dari aspek fraksi bakar EB dan EK. Tabel 4 menyajikan pengukuran reaktivitas elemen bakar silisida.

Perbedaan maksimum antara pengukuran dan perhitungan untuk reaktivitas sebuah EB silisida yang tidak segar (*irradiated fuel*) adalah 25% yaitu pada saat mengukur RI-225 di TMIX-2/37. Pada saat pengukuran EB silisida segar (0%), RI-225 di TMIX-1/36, perbedaan maksimum antara pengukuran dan perhitungan adalah 13%. Hal ini menunjukkan bahwa nilai fraksi bakar yang digunakan dalam perhitungan tidak sama dengan kenyataan fraksi bakar di teras sehingga terjadi perbedaan yang relatif besar diantara pengukuran dan perhitungan.

DAFTAR PUSTAKA

1. T.M. SEMBIRING *et al* , *Neutronic Design Of Mixed Oxide-Silicide Cores For The Core Conversion Of RSG-GAS Reactor*, akan diterbitkan di Jurnal Atom Indonesia (2001).
2. LIEM, P.H., *Development Of An In-Core Fuel Management Code For Searching The Equilibrium Core In 2-D Reactor Geometry* (Batan-EQUIL-2D), Atom Indonesia **23**, 2 (1997).
3. LIEM, P.H. *et al.*, *Fuel Management Strategy For The New Equilibrium Silicide Core Design Of RSG-GAS (MPR-30)*, *Journal of Nuclear Engineering and Design* **180** (1998).

DISKUSI

Pertanyaan : (Setiyanto)

1. Kesalahan/ralat perhitungan dinyatakan 25% tetapi disimpulkan aman ! apa dasar anda menyatakan aman ?
2. Dituliskan teras TMIX-2 dalam dua versi, yaitu a) dengan 5 EB silisida dan b) dengan 7 EB silisida mana yang benar ?.

Jawaban : (Tagor Malem Sembiring)

1. 25% diambil dari hasil perbandingan perhitungan dan eksperimen diteras TMIX-2. "Aman" diambil karena ada kecenderungan reaktivitas lebih teras menurun dan marjin pada tetap. Jadi sistem bantang kendali mampu mengendalikan reaktor.
2. TMIX-2 terdiri dari : 7 buah bahan silisida, selainnya adalah oksida ke 7 buahnya adalah elemen bakar.

Pertanyaan : (Amir Hamzah)

1. Dari hasil penelitian diungkapkan bahwa E13 silisida memberikan reaktivitas lebih teras cenderung menurun, sedangkan kalau diamati \bar{Z} a silisida < \bar{Z} a oksida. Hasil di atas tampaknya berbalik dari yang seharusnya !, mengapa ?

Jawaban : (Tagor Malem Sembiring)

Hasil tersebut benar, karenaampang lintang selapan makorkopis neutron $U_3Si_2 > U_3O_8$.

KESIMPULAN

Melalui hasil dan pembahasan di atas maka dapat disimpulkan:

- a. reaktivitas lebih teras cenderung menurun dengan banyaknya jumlah bahan bakar silisida di teras transisi.
- b. marjin padam tidak dipengaruhi oleh jumlah bahan bakar silisida di teras transisi.
- c. perlu dilakukan koreksi terhadap fraksi bakar EB dan EK berbahan bakar silisida, sehingga akurasi hitungan dapat ditingkatkan.

Oleh karena itu, teras transisi dapat dioperasikan dengan aman sampai teras penuh silisida.