

## PEMBENTUKAN TERAS KERJA BARU TERAS 86 REAKTOR RSG-GAS

Rukimin, Purwadi, Suparjo, Sigit Purwanto  
PRSG-BATAN

### ABSTRAK

Pembentukan Teras Kerja Baru Teras 86 Reaktor RSG-GAS bertujuan untuk mendapatkan teras seimbang yang memiliki 5 buah Elemen Bakar Standard an 1 buah Elemen Bakar Kendali yang mempunyai fraksi bakar 0%. Pola pemasukan baku yang yang digunakan di Reaktor RSG-GAS adalah "5/1". Pada akhir siklus Teras 85 ada 5 buah Elemen Bakar Standard dan 1 buah Elemen bakar Kendali dengan fraksi bakar 56% yang harus dikeluarkan dari teras reaktor sebagai bahan bakar bekas. Telah dilakukan: pengukuran waktu jatuh batang kendali, dengan metode "baru" dilakukan kekritisan reaktor dan pemuatan reaktivitas lebih teras 86 serta kalibrasi batang kendali. Hasil yang diperoleh waktu waktu jatuh batang kendali terlama 399,5 mdetik, Kritis awal tercapai hari senin tanggal 23-06-2014 pk. 12.01 WIB.dengan 33 elemen bakar standard dan 8 elemen bakar kendali serta reaktivitas lebih 148,5 cent.Telah terbentuk Teras kerja Baru Teras 86 Reaktor RSG-GAS dengan 40 elemen bakar standard, 8 elemen bakar kendali, reaktivitas lebih teras 86 pada percobaan pemuatan reaktivitas lebih teras 86 sebesar 8,7475 \$ , sedangkan dari hasil kalibrasi 9,563 \$ dan telah dilakukan uji *stuck rod* (JDA07 + 14) terhadap teras reaktor, reaktor tetap dalam konsisi sub kritis, reaktor aman.

**Kata Kunci :** teras, reaktor, kalibrasi

### ABSTRACT

*The formation of new working core 86 RSG-GAS Reactors aims to get a balanced core has 5 pieces of Standard Fuels an Element 1 piece Full Fuel Element that has a fuel fraction 0. Raw income patterns used in GAS-RSG Reactor is "5/1". At the end of the cycle of 85 core there are 5 Element Fuel Standard and fuel Control Elements 1 piece with 56% fuel fraction must be removed from the reactors as spent fuel. Has been done: the measurement of time fall control rod, with the "new" method carried out reactor criticality and loading of reactor reactivity over of 86 core as well as calibration the control rod. The results obtained while the oldest control rods fall time 399.5 ms, critical early reached on Monday 23-06-2014 5 at 12.01 pm with 33 standard fuel elements and 8 control fuel elements as well as over reactivity 148.5 cents. Has formed a new working 86 core RSG-GAS with 40 fuel standard, 8 control fuel elements , over reactivity 86 core on the loading experiment of over reactivity 86 core amounting to 8,7475, while the results of the calibration test and has done 9,563 stuck rod (JDA07 14) against reactor core, the reactor remains in stil a sub criticism condition, the reactor is safe.*

**Keywords :** core, reactor, calibration

### PENDAHAHULUAN

Dalam pengoperasian reaktor nuklir tentu telah mempunyai program/jadwal penggantian elemen bakar didalam teras reaktor atau *refuelling*. Setelah reaktor RSG-GAS dioperasikan dalam satu siklus, maka pada diakhir siklus teras reaktor RSG-GAS bila parameter teras setimbang RSG-GAS khususnya parameter energi yang dibangkitkan selama satu siklus mencapai 660 MWD atau mendekati, pembentukan teras baru harus dilakukan. Pembentukan teras kerja baru reaktor RSG-GAS adalah pelaksanaan manajemen bahan bakar yang berkaitan dengan pengeluran, pemindahan dan pemasukan bahan bakar di dalam teras reaktor yang

disusun dengan elemen lain seperti : batang kendali, elemen reflektor, elemen dummy, elemen pengarah target dan pendingin .

Pembentukan teras kerja baru reaktor RSG-GAS mulai teras No. 54 telah diberlakukan pola baru pemasukan bahan bakar ke dalam teras reaktor, yaitu pola "5/1" yang berarti ada pemasukan 5 elemen bakar standar (baru), 1 elemen bakar kendali (baru). Pembentukan Teras Kerja Baru (Teras 86) RSG-GAS bertujuan untuk mendapatkan teras seimbang yang memiliki 5 (lima) buah elemen bakar standar dan 1 (satu) buah elemen kendali yang mempunyai fraksi bakar (*burn up*) 0% dan mendapatkan pula distribusi pembangkitan panas yang merata

sehingga sistem pendingin mampu memindahkan panas yang dibangkitkan dengan relatif sempurna.

Ruang lingkup dalam makalah ini yang akan dibahas adalah tahapan-tahapan yang akan dilakukan dalam pembentukan teras kerja baru Teras 86. Tahap pengeluaran fasilitas eksperimen dan pengarah target; tahap pemasangan *dummy element* (JD) di posisi iradiasi; tahap pengosongan sementara beberapa posisi grid teras, tahap pemindahan elemen bakar (*reshuffle*); tahap pengeluaran, pemindahan, dan pemuatan elemen kendali; tahap pembentukan teras awal RSG-GAS; tahap pembentukan teras penuh RSG-GAS.

Dari beberapa tahapan diatas ada tahapan yang masih sama polanya dengan pembentukan teras kerja baru teras sebelumnya, yaitu tahap pengeluaran fasilitas eksperimen dan pengarah target, tahap pemasangan *dummy element* (JD) di posisi iradiasi, tahap pengosongan sementara beberapa posisi grid teras, tahap pemindahan elemen bakar (*reshuffle*), tahap pengeluaran, pemindahan, dan pemuatan elemen kendali. Sedangkan tahap percobaan kekritisan reaktor awal dan percobaan pemuatan reaktivitas lebih atau pembentukan teras penuh RSG-GAS teras 86, dilakukan dengan lebih hati-hati dan detail untuk keselamatan dan sekaligus untuk mengecek apakah pembentukan teras dengan pola lama proses masih memenuhi standar keselamatan atau tidak.

## TEORI

Manajemen pengelolaan bahan bakar di RSG-GAS mempunyai pola pemasukan bahan bakar ke teras untuk menghasilkan teras setimbang, yaitu pola "5/1". Pola atau model tersebut berarti bahwa ada 5 (lima) buah elemen bakar baru dan 1 (satu) buah elemen bakar kendali baru yang dimasukkan ke dalam teras setimbang baru di awal siklus, dan pada akhir siklus ada 5 (lima) buah elemen bakar dan 1 (satu) buah elemen bakar kendali dengan fraksi bakar (*burn-up*) 56% dikeluarkan dari teras reaktor sebagai bahan bakar bekas.

Setiap kali pembentukan teras kerja baru selalu mengacu pada parameter teras setimbang RSG-GAS sebelumnya seperti energi yang dibangkitkan selama satu siklus. Disamping itu juga mengacu hasil perhitungan manajemen teras dengan menggunakan paket program BATAN-Fuel, seperti elemen bakar/kendali yang harus dikeluarkan dari teras, konfigurasi teras awal, konfigurasi teras penuh, reaktivitas batang kendali dan fraksi bakar teras terakhir.

Untuk tujuan keselamatan, ada beberapa hal penting yang harus menjadi perhatian, yaitu: pertama pemasukan/pengeluaran elemen teras reaktor tidak boleh kurang dari 2 x 24 jam (elemen bakar) setelah reaktor *shut down*/padam. Kedua

sebelum dilakukan *refuelling*, fasilitas eksperimen dan pengarah target serta fasilitas pendukung lainnya harus dikeluarkan terlebih dahulu dari teras reaktor. Ketiga untuk menghindari kesalahan penempatan elemen bakar ke teras reaktor maka posisi-posisi iradiasi di teras reaktor harus dipasang *dummy element* (JD). Keempat pengeluaran elemen bakar kendali (bekas) tidak dapat dilakukan sebelum 5 buah elemen bakar yang tidak dipakai (bekas) dikeluarkan dari teras dan 16 elemen bakar di teras reaktor harus dikosongkan/dikeluarkan untuk menyediakan sub-kritikalitas yang cukup sewaktu terjadi *reshuffling* elemen bakar kendali di teras. Kelima sesuai analisa keselamatan RSG-GAS bahwa maksimum 2 (dua) elemen bakar kendali yang boleh keluar dari teras reaktor. Keenam setelah terbentuknya teras awal RSG-GAS, dengan menyisakan 12 (dua belas) posisi grid yang kosong perlu dilakukan pengukuran waktu jatuh batang kendali.

## TATA KERJA

Sebelum pembentukan teras kerja baru Teras 86 dimulai, kondisi awal penanganan elemen teras harus terpenuhi yaitu: telah tersedia PPET (Perintah Pemindahan Elemen Teras), reaktor kondisi padam (setelah 48 jam), minimal ada 4 petugas dan 1 (satu) orang pengawas dari Sub Bidang Keselamatan Operasi, diyakinkan bahwa sistem pendingin darurat kolam (JNA10, JNA20 dan JNA30) siap dioperasikan, peralatan-peralatan penanganan elemen teras dan peralatan lain seperti *crane* SMJ30 siap operasi, lampu penerangan kolam nyala, lampu sorot bawah air untuk pengamatan nomor maupun kondisi fisik elemen bakar siap, serta peralatan penunjang lainnya. Pengecekan untuk meyakinkan bahwa Jembatan geser dan tempat penanganan elemen bakar kendali geser (HHB) dan tempat penanganan elemen bakar kendali tetap (HHP), lokasi sisi Timur tepi kolam JAA02 siap dipakai, serta rak kolam reaktor (II), rak kolam penyimpanan bahan bakar bekas telah siap. Disamping itu telah ada Persiapan Sarana Operasi (PSO), Instruksi Operasi telah ada, Juklak Pembentukan Teras Kerja Baru & Pemuatan Reaktivitas Lebih Teras 86 RSG-GAS telah siap.

Pembentukan teras kerja baru Teras 86 dapat dikelompokkan menjadi tiga tahapan utama, pertama: pra-pembentukan teras kerja baru teras 86, kedua pembentukan teras kerja baru awal teras 86 dan ketiga pemuatan reaktivitas lebih teras kerja baru teras 86. Seluruh kegiatan pelaksanaan pembentukan teras kerja baru teras 86 meliputi seluruh kegiatan pelaksanaan pemindahan elemen teras: pengarah target, elemen dummy, bahan bakar standar maupun elemen bakar kendali dicatat di dalam formulir PPET, *Log Book* Bahan Bakar, dan

pada Buku Induk Operasi Reaktor, serta pada papan konfigurasi telah disesuaikan.

**1. Pra-pembentukan teras kerja baru teras 86**

Pra-pembentukan teras kerja baru teras 86 meliputi pekerjaan pengeluaran pengarah target/fasilitas eksperimen dari teras, pemasangan elemen dummy di posisi iradiasi di teras, pengosongan sementara 16 posisi grid teras yang berisi elemen bakar, *reshuffling*/pemindahan elemen bakar di teras sebanyak 19 elemen bakar, pengeluaran/pemindahan (*reshuffling*)/pemuatan

elemen bakar kendali. Kegiatan tersebut merupakan pelaksanaan PPET No.Ident.: RSG.OR.03.02.42/01/86/14 langkah 34 s/d 61, dilanjutkan pemasangan steker pada *drive unit* batang kendali, setelah langkah-langkah tersebut dilakukan, berarti bahwa pembentukan teras 86 awal dengan konfigurasi teras No. 239 selesai, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Selanjutnya dilakukan pengukuran waktu jatuh batang kendali dimana hasilnya seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

JF 02	JF 15	JF 51+85	JF 14	RS 1	RS 2	RS 3	RS 4	RS 5	JF 01	1
JF 05	JF 52+84	JF 17	JF 37+73	JF 32	JF 34	JF 36	JF 37	JF 11	JF 56+74	2
JF 60+83	JF 04	JF 19	JF 40	Air	FE RI 545	Air	Air	JF 06	JF 03	3
JF 08	JF 24	FE RI 552	FE RI 523	FE RI 521	JD 108	JDA07+14 RI - 538	Air	FE RI 534	Air	4
JF 13	JF 23	FE RI 530	FE RI 522	JDA04+09 RI - 561	FE RI 525	FE RI 535	JDA05+12 RI - 539	Air	FE RI 542	5
JF 20	JF 21	FE RI 533	JDA02+13 RI - 516	FE RI 512	JD 103	JD 106	FE RI 527	JD 104	FE RI 529	6
P R T F		FE RI 531	JD 101	FE RI 526	JD 107	JD 105	FE RI 518	JDA08+10 RI - 515	FE RI 536	7
JF 30	JF 22	Air	Air	JDA03+15 RI - 540	FE RI 541	FE RI 510	JDA06+16 RI - 562	FE RI 509	FE RI 520	8
JF 29	JF 58+72	Air	FE RI 546	FE RI 547	JDA01+11 RI - 537	JD 102	FE RI 519	FE RI 524	Air	9
JF 59+71	JF 28	JF 26	JF 16	Air	FE RI 543	FE RI 528	Air	JF 54+NS	JF 10	10
K	J	H	G	F	E	D	C	B	A	

Gambar 1. Konfigurasi Teras 86 Awal No. 239

Tabel 1. Waktu Jatuh Batang Kendali Awal Teras 86 RSG-GAS tanggal 17-06-2014

No.	Batang Kendali	Posisi Di Teras	Posisi Ketinggian (mm)	Waktu Jatuh (mili detik)	Keterangan
1.	JDA01 + 11	E-9	600	386,4	BKO : $\geq 400$ ms
2.	JDA02 + 13	G-6	600	376,2	
3.	JDA03 + 15	F-8	600	359,4	
4.	JDA04 + 09	F-5	600	370,3	
5.	JDA05 + 12	C-5	600	380,2	
6.	JDA06 + 16	C-8	600	380,3	
7.	JDA07 + 14	D-4	600	398,1	
8.	JDA08 + 10	B-7	600	399,5	

## 2. Pembentukan teras kerja baru awal teras 86

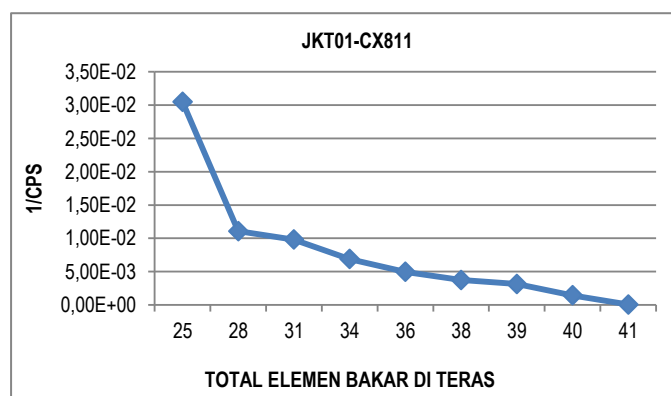
Pada pembentukan teras kerja baru awal teras 86 ini telah dilakukan percobaan kekritisan reaktor dengan mengacu pada JUKLAK PEMBENTUKAN TERAS KERJA BARU TERAS 86 RSG-GAS dan PPET No.Ident.: RSG.OR.03.02.42/01/86/14 langkah 62 s/d 84. Percobaan kekritisan reaktor RSG-GAS teras 86 bertujuan untuk memperoleh massa kritis teras atau mengetahui jumlah elemen bakar yang diperlukan untuk mencapai kritis pertama pada teras 86. Jumlah elemen bakar di dalam teras reaktor sebelum dilakukan kekritisan sebanyak 25 sudah termasuk 8 lemen bakar kendali.

Pelaksanaan Kekritisan reaktor Teras 86 dari tahap awal sampai dengan tercapai kritis awal dilakukan dalam 9 tahap, tahap I reaktor dioperasikan dengan BANK = 600 mm dan batang kendali pengatur = 600 mm dan dilakukan pencacahan populasi neutron pada kanal JKT01-CX811 dan JKT01-CX821, dilanjutkan tahap II: pemuatan elemen bakar ke teras reaktor, dan ulangi seperti tahap I, dari 2 tahap ini diperoleh 2 nilai cacah per detik (cps) dan gambar pada kertas grafik hubungkan titik 1 ke titik 2 (sumbu x = jumlah elemen bakar di teras, sumbu y = 1/cacah), tarik garis lurus titik 1 dan 2 diperpanjang hingga

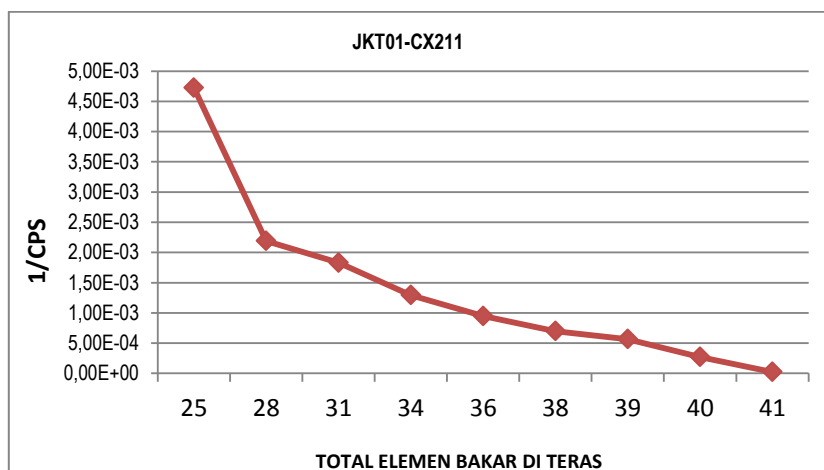
memotong sumbu x, perpotongan garis lurus dengan sumbu x merupakan perkiraan jumlah elemen bakar yang diperlukan untuk teras mencapai kritis. Tahap III dan seterusnya dilakukan seperti tahap sebelumnya, sehingga memperoleh data-data percobaan kekritisan reaktor dan gambar grafik seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2, Gambar 2, dan Gambar 3. Dari hasil percobaan kekritisan pada tahap I s/d VIII, titik 1 s/d titik 8 dihubungkan, setelah titik 7 dan 8 ditarik garis lurus dan memotong sumbu x pada titik antara angka 40 dan 41, dan samapai tahap VIII elemen bakar yang telah dimasukkan ke teras reaktor sebanyak 40 buah (termasuk 8 elemen bakar kendali), dengan demikian untuk mencapai kritis awal, diperkirakan 1 buah elemen bakar lagi. Pada pemuatan elemen teras tahap IX, reaktor dioperasikan kembali secara hati-hati, pengamatan parameter operasi reaktor (JKT01-CX811/821, JKT02-CX811/821, JKT04 & rekorder Reaktivitas meter) dilakukan. Pada tahap ke IX ini reaktor kritis pada daya bebas sumber, JKT04 =  $2,5 \times 10^{-8}$  A, posisi batang kendali BANK = 600 mm, Pengatur = 288 mm, dengan 33 elemen bakar standar dan 8 elemen bakar kendali serta reaktivitas lebih 148,5 cent.

**Tabel 2.** Data-data Percobaan Kekritisan Teras 86

Tahap	Total Elemen di teras	JKT01-CX811		JKT01-CX211		Keterangan
		cps	1/cps		1/cps	
I	17+8 = 25	32.80	3.00E-2	211,6	4.70E-3	0
II	20+8 = 28	90,4	1.11E-3	456,6	0.22E-3	RI-512 , RI-554,RI-523
III	23+8 = 31	102,05	9.80E-3	546,15	1.80E-3	RI-528, RI-536,RI-523
IV	26+8 = 34	145,4	6.80E-3	772,40	1.29E-3	RI-521, RI-518,RI-509
V	28+8 = 36	201,80	4.96E-3	1056,20	0.946E-3	RI-534, RI-525
VI	30+8 = 38	268,05	3.73E-3	1433,65	0.697E-3	RI-548, RI-553
VII	31+8 =39	318,35	3.14E-3	1767,40	0.566E-3	RI-511
VIII	32+8 = 40	702,4	1.42E-3	3698,95	0.270E-3	RI-554
IX	33+8 = 41	20434,05	4.89E-5	43363	0.006E-6	RI-544



**Gambar 2.** Grafik Jumlah Elemen Bakar di Teras vs 1/cps (JKT01-CX811)



Gambar 3. Grafik Jumlah Elemen Bakar di Teras vs 1/cps (JKT01-CX821)

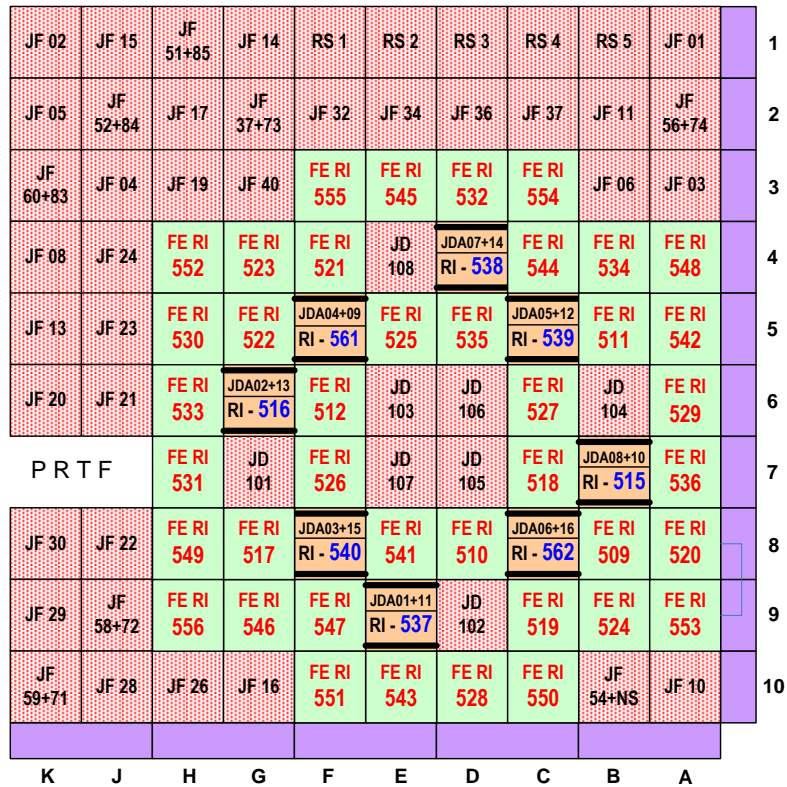
### 3. Pemuatan reaktivitas lebih teras kerja baru teras 86.

Percobaan pemuatan reaktivitas lebih teras 86 RSG-GAS ini mengacu pada JUKLAK PEMUATAN REAKTIVITAS LEBIH TERAS 86 RSG-GAS dan PPET No.Ident.: RSG.OR.03.02.42/01/86/14 langkah 78 s/d 84. Tujuan percobaan ini adalah untuk mengetahui reaktivitas lebih dari setiap pemuatan elemen bakar ke teras reaktor sekaligus mengetahui total reaktivitas lebih teras penuh

reaktor RSG-GAS teras 86. Percobaan pemuatan reaktivitas lebih teras 86 dilakukan setelah terbentuk teras 86 awal (dengan reaktivitas lebih sebesar 148,5 cent), hasilnya seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3. Teras kerja baru RSG-GAS teras 86 terbentuk dengan 40 elemen bakar standar, 8 elemen bakar kendali di teras, dan dengan reaktivitas lebih teras 86 sebesar 8747,5 cent, serta konfigurasi teras teras 86 penuh No. 240 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.

Tabel 2. Hasil Pemuatan Reaktivitas Lebih Teras 86

Langkah ke	Elemen Bakar, posisi	Posisi Batang Kendali Kritis bebas sumber	Reaktivitas Reg. Rod (\$)	Posisi batang kendali akhir pengukuran reaktivitas Reg. Rod
77	RI-544 di C-4	BANK = 600 mm RR = 288 mm	(288 – 600) mm = 1,485 (x1)	RR = 600 mm BANK= 489 mm (1)
78	RI-550 di C-10	BANK = 489 mm (1) RR = 268 mm	(268 – 600) mm = 1,2925 (x2)	RR = 600 mm BANK= 434 mm (2)
79	RI-532 di D-3	BANK = 434 mm (2) RR = 272 mm	(272 – 600) mm = 1,7425 (x3)	RR = 600 mm BANK= 367 mm (3)
80	RI-555 di F-3	BANK = 367 mm (3) RR = 289 mm	(289 – 600) mm = 1,855 (x4)	RR = 600 mm BANK= 306 mm (4)
81	RI-551 di F-10	BANK = 306 mm (4) RR = 480 mm	(480 – 600) mm = 0,345 (x5)	RR = 600 mm BANK= 295 mm (5)
82	RI-517 di G-8	BANK = 295 mm (5) RR = 448 mm	(448 – 600) mm = 0,4725 (x6)	RR = 600 mm BANK= 282 mm (6)
83	RI-549 di H-8	BANK = 282 mm (6) RR = 430 mm	(430 – 600) mm = 0,5575 (x7)	RR = 600 mm BANK= 267 mm (7)
84	RI-556 di H-9	BANK = 267 mm (7) RR = 335 mm	(335 – 600) mm = 0,9975	RR = 600 mm BANK= 242 mm (8)
<b>Jumlah Elemen Bbakar</b>	<b>8</b>	<b>Total Reaktivitas lebih Teras 86</b>	<b>8,7475</b>	



Gambar 4. Konfigurasi Teras 86 No. 240

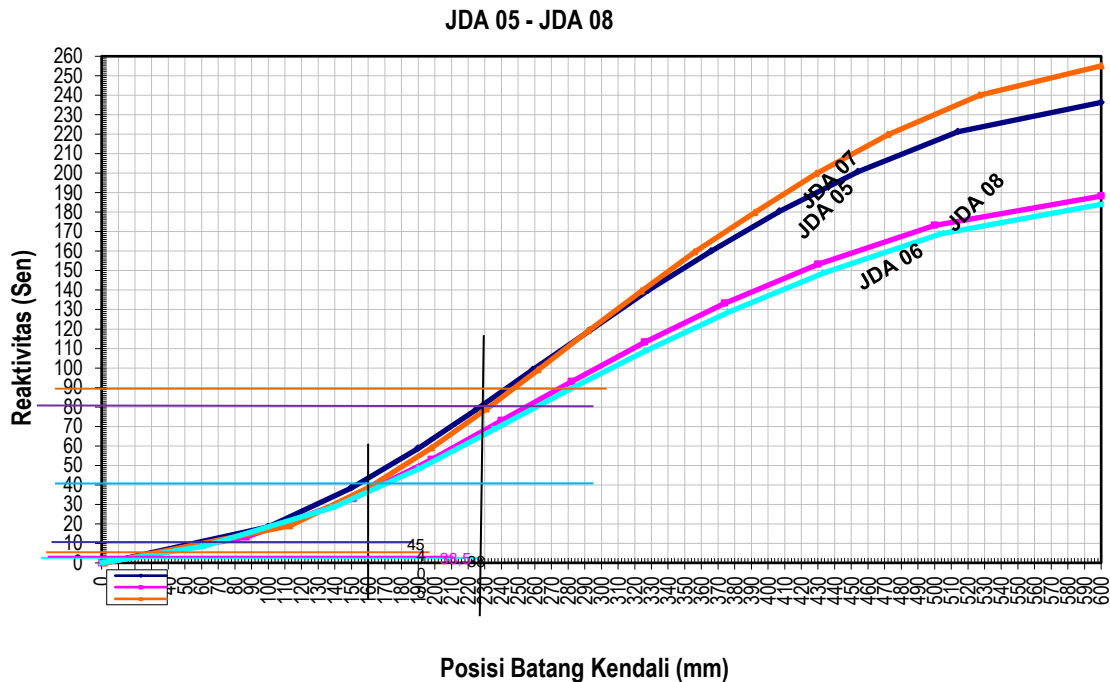
Untuk mengoperasikan reaktor satu siklus secara aman sesuai batas keselamatan suatu operasi reaktor, maka perlu dilakukan kalibrasi batang kendali. Kalibrasi batang kendali bertujuan untuk mengetahui besarnya reaktivitas negatif setiap batang kendali maupun total harga reaktivitas 8 batang kendali, adapun hasil percobaan kalibrasi

batang kendali teras 86 adalah seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3. Dengan mengoperasikan reaktor pada daya bebas sumber maka dengan mengacu pada kurva batang kendali seperti yang ditunjukkan Gambar 5. dan Gambar 6, neraca reaktivitas teras 86 RSG-GAS dapat ditentukan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 3. Hasil Kalibrasi Batang Kendali Teras 86 RSG-GAS

No.	Batang kendali	Posisi di Teras Reaktor	Nilai Batang Kendali	
			\$	%
1.	JDA01 + 11	E-9	2,090	1,5989
2.	JDA02 + 13	G-6	2.148	1.6428
3.	JDA-03 + 15	F-8	2,355	1.8016
4.	JDA-04 + 09	F-5	2.343	1.7920
5.	JDA-05 + 12	C-5	2.365	1.8092
6.	JDA-06 + 14	C-8	1.883	1.4401
7.	JDA-08 + 10	B-7	1.840	1.4076
8.	JDA-07 + 14 REG ROD	D-4	2.550	1.9508





**Gambar 6.** Kurva JDA05, JDA06, JDA07, dan JDA008

## PEMBAHASAN DAN KESIMPULAN

Dalam pembentukan teras kerja baru, dikenal dengan model 5-1 yang dimulai teras ke 54, yaitu mengganti 5 elemen bakar standar dan 1 elemen bakar kendali yang fraksi bakarnya mencapai 56% dengan yang segar (baru).

Proses pemindahan pengarah target topas dan pengarah target dari posisi teras, dan disimpan ke tepi kolam sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu pekerjaan di kolam reaktor dan pemasangan *Dummy element* posisi iradiasi pada 6 posisi iradiasi di teras reaktor (B-6, D-9, E-4, G-7, D-6 & E-7, dimaksudkan untuk menghindari kesalahan dalam penempatan elemen bakar dalam teras reaktor. Sedangkan pemindahan 5 buah elemen bakar bekas berfraksi bakar  $\pm 56\%$ , dan disimpan sementara di rak *Spent Fuel Storage* berjalan lancar, pengecekan: posisi di teras, nomor elemen bakar: benar, kondisi fisik normal/tidak cacat.

Proses pengosongan sementara 16 buah posisi teras reaktor dengan memindahkan 16 buah elemen bakar dari teras ke rak kolam reaktor (II) tidak ada kendala yang berarti: pengamatan nomor seluruh elemen bakar dengan Binocular/teropong teramati dengan jelas dan benar, begitu juga kondisi fisiknya masih dalam batas normal. Proses ini dimaksudkan untuk menyediakan subkritisitas teras yang cukup sewaktu terjadi pemindahan elemen bakar kendali (EK).

Proses pengeluaran elemen bakar kendali CE-RI-514 dari teras posisi B-7, pelepasan elemen bakar kendali CE RI-514 dari garpu Absorber No.16 unit (LST + CE RI-514 + 16) dan elemen kendali CE RI-514 sudah tidak digunakan lagi, dan disimpan di rak *spent fuel storage* posisi K-11 (IV) serta merangkai CE RI-562 dengan unit garpu Absorber No.16 menjadi rangkaian (LST + CE RI-562 + 16), sekaligus merangkai unit batang kendali secara keseluruhan menjadi rangkaian (DU + UST + MST + LST + CERI-562 + 16), dan memasang/memasukkan rangkaian ini ke teras reaktor pada posisi C-8 (I), proses-proses tersebut berjalan lancar dan aman.

Proses pemindahan/*reshuffling* elemen bakar kendali (EK/CE) di dalam teras reaktor (7 buah elemen bakar kendali) dengan 9 langkah, 2 (dua) langkah diantaranya adalah penempatan sementara, berhasil aman dan selamat. Setelah proses *reshuffling* elemen bakar batang kendali seperti yang diuraikan di atas, dilanjutkan pemasangan steker *drive unit* 8 batang kendali, dengan demikian telah terbentuk konfigurasi teras 86 awal, dilanjutkan pengukuran waktu jatuh batang kendali, dari data-data yang ditunjukkan pada Tabel 1. Waktu jatuh batang kendali yang paling cepat adalah JDA03 + 15, posisi F-8 (I) = 359,4 mdetik, sedangkan yang paling lambat JDA08 + 10, posisi B-7 (I) = 399,5 mdetik, nilai ini masih baik karena batas keselamatan operasi  $\geq 400$  mdetik.

Percobaan kekritisan pembentukan teras kerja baru awal (Teras 86), seperti diuraikan diatas bahwa kegiatan adalah kekritisan reaktor "pola baru" yang



dilakukan secara bertahap. Pada Tabel 2. di atas memasukkan elemen bakar. Tahap II, III dan IV : masing-masing 3 buah elemen bakar, tahap V dan VI : masing-masing 2, dan Tahap VII, VIII dan IX: masing-masing 1 buah elemen bakar. Kalau dibandingkan dengan metode lama (teras 54 s/d 85) untuk perobaan kekritisan reaktor langsung 5 elemen bakar dimasukkan ke teras reaktor, dan reaktor dicapai kritis awal. Dari grafik Gambar 1 dan 2 terlihat bahwa kalau titik ke 7 dan ke 8 ditarik garis lurus dan memotong sumbu x pada titik antara 40 dan 41, hal ini dapat disimpulkan bahwa penambahan 1 (satu) elemen bakar ke teras pada tahap IX, reaktor akan mencapai kritis. elemen bakar, langkah ke 77 PPET No. Ident.: RSG.OR.03.02.42/01/86/14, dengan **33 Elemen Bakar Standar dan 8 Elemen Bakar Kendali**, dengan **reaktivitas lebih sebesar 148,5 cent**.

Pembentukan Teras Kerja Penuh (Teras 86), atau pemuatan reaktivitas lebih teras 86 dilakukan secara bertahap juga seperti percobaan kekritisan, tetapi membutuhkan waktu yang agak lama karena setiap pemuatan 1 elemen bakar ke teras reaktor dilakukan pengoperasian reaktor pada daya bebas sumber untuk pengukuran reaktivitas, kemudian reaktor dipadamkan untuk pemuatan 1 elemen bakar ke teras, begitu seterusnya diulang sampai 8 kali termasuk kritis awal reaktor. Pola baru ini memberikan 2 keuntungan, yaitu reaktivitas setiap pemuatan elemen bakar ke teras dapat diketahui begitu juga reaktivitas lebih total teras 86. Dari data percobaan diperoleh reaktivitas lebih teras 86 = 8,7475 \$ = 6,692%.

Data percobaan kalibrasi batang kendali telah diperoleh seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3, tampak bahwa nilai reaktivitas batang kendali terbesar adalah JDA07 +14 sebesar 2.550 \$ = 1.9508%, sedang yang terkecil JDA08 + 10 sebesar 1.840 \$ = 1.4076 %. Sedangkan pada Tabel 4. disebutkan bahwa reaktivitas lebih Teras 86 awal sebesar **9.563 \$ = 7.3153%** , **nilai ini** lebih besar 0,6235% dibandingkan dengan hasil percobaan pemuatan reaktivitas lebih, hal ini perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengapa hal ini terjadi.

## KESIMPULAN

1. Hasil pengukuran waktu jatuh batang kendali yang tercepat adalah Batang kendali JDA04+09 = 370,3 ms, dan yang paling lamabat JDA08+10

= 399,5 ms, harga yang terakhir masih dalam batas normal ( $BKO \geq 400$  ms).

2. Telah terbentuk Teras Kerja Baru Teras 86 RSG-GAS dengan **40 Elemen Bakar Standar dan 8 Elemen Bakar Kendali**, dan **reaktivitas lebih sebesar 9,563 \$**, serta dengan konfigurasi teras No. 240, berlangsung dengan aman, selamat.
3. Kekritisan reaktor Teras 86 dengan pola baru, tercapai kritis awal dengan **33 Elemen Bakar Standar dan 8 Elemen Bakar Kendali** di dalam teras, dengan **reaktivitas lebih sebesar 148,5 cent**, dengan konfigurasi teras 86 awal No. 239.
4. Dengan melihat hasil akhir percobaan kekritisan reaktor dengan pola baru, maka telah terbukti bahwa percobaan kekritisan dengan pola lama adalah benar, karena reaktor tercapai kritis awal juga dengan 33 elemen bakar standar dan 8 elemen bakar kendali di dalam teras.
5. Percobaan Pemuatan reaktivitas lebih Teras 86 RSG-GAS dengan mengacu Juklak Pemuatan Reaktivitas Lebih Teras 86 RSG-GAS dapat mengetahui reaktivitas lebih setiap pemuatan elemen bakar ke teras reaktor dan total reaktivitas lebih Teras 86.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Laporan Analisis Keselamatan RSG-GAS Rev. 10.1.
2. BUKU INDUK OPERASI REAKTOR, Nomor Ident.: RSG.OR.01.03.42.10 Reaktor Serba Guna G.A. SIWA BESSY, No. Buku:302 dan 307.
3. Manajemen Teras, Pelatihan Penyegaran Operator dan Supervisor Reaktor, Serpong, 28 Mei – 12 Juni 2009, Pusdiklat-BATAN, 2009.
4. Prosedur Pembentukan Teras Kerja Baru (Teras Yang Dikenal, Model 5-1, Teras No.54, dst), No. Ident : RSG.OR.03.02.42.10, Rev. :02.
5. *Log Book* Bahan Bakar No. 6.
6. Dokumen Asli, DOKUMEN SUB BID. PELAKSANAAN OPERASI PEMBENTUKAN TERAS KERJA BARU TERAS 86, BIDANG OPERASI REAKTOR PRSG-BATAN, JUNI 2014.
7. JUKLAK PEMBENTUKAN TERAS KERJA BARU TERAS 86 RSG-GAS dan JUKLAK PEMUATAN REAKTIVITAS LEBIH TERAS 86 RSG-GAS (disetujui Ka. BOR-PRSG tertanggal 17 Juni 2014).

