

VALIDASI PAKET PROGRAM DIFUSI 3 DIMENSI BATAN-3DIFF UNTUK ASPEK PERHITUNGAN FLUKS NEUTRON

TA Budiono, Amir Hamzah

ABSTRAK

Validasi Paket Program Difusi 3 Dimensi Batan-3DIFF untuk Aspek Perhitungan Fluks Neutron. Telah dilakukan validasi program difusi Batan-3DIFF untuk aspek perhitungan fluks neutron dengan hasil eksperimen pengukuran fluks neutron di teras 26 RSG-GAS. Perhitungan difusi teras ke 26 RSG-GAS dengan program Batan-3DIFF dilakukan dalam 4 kelompok energi neutron untuk kondisi teras sesuai dengan kondisi eksperimen pengukuran fluks neutron. Kondisi eksperimen yang disimulasikan dengan perhitungan adalah kondisi teras dingin, bebas xenon dan samarium, daya 100 kW dan posisi batang kendali bank 271 mm serta posisi *regulating rod* 280 mm. Data tampang lintang sel dihitung dengan program perhitungan sel WIMS D/4. Selanjutnya, distribusi faktor puncak daya (PPF) radial maupun aksial hasil perhitungan dibandingkan dengan PPF yang diperoleh dari eksperimen. Hasil pengukuran dan perhitungan PPF radial menunjukkan penyimpangan minimal 0,8 % di *grid* H-7 dan maksimal 18,4 % di *grid* C-10, sedangkan PPF aksial menunjukkan penyimpangan minimal 0,49 di *grid* F-7 pada ketinggian 462,5 mm dan maksimal 88,02% di *grid* E-3 pada ketinggian 537,5 mm.

ABSTRACT

Validation of 3 Dimension Diffusion Code Batan-3DIFF for Neutron Calculation Aspect. Validation of diffusion code Batan-3DIFF for neutron calculation aspect has been conducted by comparing the calculation result with neutron flux measurement data on 26th core of RSG-GAS. Batan-3DIFF calculation of 26th core was carried out in 4 neutron energy groups. The simulated experiment condition was cold core, xenon and samarium free, 100 kW power level, control rod bank 271 mm and regulating rod 280 mm. Cross section data of the core had been computed with cell calculation code WIMS D/4. The calculated radial and axial power peaking factors (PPF) were then compared to the experiment data. For radial PPF, the deviation of calculation result from experiment data are 0.8 % on *grid* H-7 minimally and 18.4 % on *grid* F-7 maximally. For axial PPF, the deviation of calculation result from experiment data are 0.49 % on *grid* F-7 at 462.5 mm height, minimally and 88.02 % on *grid* E-3 at 537.5 mm height, maximally.

PENDAHULUAN

Salah satu aktivitas riset di Bidang Fisika reaktor adalah melakukan pembuatan dan pengembangan program-program fisika reaktor untuk desain dan analisis neutronik, dan keselamatan reaktor. Program difusi neutron banyak kelompok 3 dimensi, Batan-3DIFF telah berhasil dikembangkan dan diverifikasi dengan paket program difusi generik 3DBUM. Selanjutnya, paket program Batan-3DIFF tersebut perlu divalidasi untuk menguji kebenaran program dan mengetahui jangkauan penerapan program dalam memecahkan persoalan-persoalan fisika reaktor. Validasi untuk sebuah program difusi dapat dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan program dengan hasil eksperimen untuk beberapa

variabel uji. Diantara variabel uji tersebut adalah fluks neutron, faktor lipatan efektif dan kekuatan batang kendali. Dalam usulan penelitian ini akan dilakukan validasi program Batan-DIFF dengan menghitung profil fluks neutron di teras RSG-GAS. Selanjutnya, hasil perhitungan profil fluks neutron akan dibandingkan dengan data eksperimen pengukuran fluks neutron di teras RSG-GAS. Program perhitungan sel WIMS D/4 digunakan untuk membangkitkan tampang lintang elemen bakar dan material teras RSG-GAS.

TEORI

Kesetimbangan neutron di dalam teras reaktor dapat digambarkan dengan persamaan berikut ini [1]:

$$(M - \lambda F)\Phi = 0 \quad (1)$$

M merupakan operator migrasi dan kerugian neutron (*migration and loss operator*),

$$M = -\nabla \cdot D(r, E)\nabla\Phi(r, E) + \Sigma_t(r, E)\Phi(r, E) - \int_{E'} \Sigma_s(r, E' \rightarrow E)\Phi(r, E')dE' \quad (2)$$

$$F = \chi(E) \int_{E'} \nu\Sigma_f(r, E')\Phi(r, E')dE' \quad (3)$$

Persamaan di atas menggambarkan kesetimbangan neutron dalam keadaan statik. Secara matematis, persamaan tersebut merupakan persoalan nilai eigen, dengan nilai eigen λ dan fungsi eigen Φ . Secara fisis, λ merupakan kebalikan faktor perlipatan efektif dan Φ merupakan fluks neutron.

Dari persamaan kesetimbangan neutron diatas, dapat dilihat bahwa nilai penting besaran Φ terletak pada aspek distribusinya, bukan pada besarnya. Dengan pengertian ini maka validasi program difusi teras Batan-3DIFF dilakukan dengan membandingkan profil (distribusi) fluks neutron dengan hasil eksperimen. Perbedaan besar fluks di tiap titik pengamatan bukan merupakan aspek yang relevan dalam proses validasi ini. Ketidakrelevanan ini disebabkan karena eksperimen pengukuran fluks neutron tidak dapat menentukan fluks absolut, kecuali

$$PPF_{grid} = \frac{\int \Sigma_f(r, E)\phi(r, E)drdE}{\overline{\Sigma_f \Phi}} \quad (4)$$

Persamaan kesetimbangan neutron tersebut juga menunjukkan bahwa distribusi fluks neutron akan bergantung pada distribusi besaran-besaran yang menyusun operator M dan F di teras. Besaran-besaran tersebut merupakan konstanta sel. Dalam penelitian ini konstanta sel akan dihitung dengan program WIMS D/4. Ketepatan perhitungan distribusi fluks neutron

sedangkan F adalah operator sumber fisi (*fission source operator*).

jika faktor kalibrasi daya dapat ditentukan secara benar.

Alasan tidak adanya data kalibrasi daya yang benar memunculkan kesulitan dalam perbandingan data pengukuran fluks neutron dengan fluks neutron hasil perhitungan. Kesulitan ini berupa tidak bisa ditetapkannya faktor normalisasi yang bisa meminimalkan *error*. Cara mengatasi masalah ini adalah dengan mengambil besaran PPF sebagai besaran pembanding, bukan fluks neutron itu sendiri. Pemikiran ini didasarkan atas pertimbangan bahwa PPF merupakan besaran relatif yang sebanding dengan fluks, dan dinormalisasi ke seluruh teras sehingga *error* yang terkandung dalam perhitungan fluks dapat dibuat tetap.

akan sangat ditentukan oleh ketepatan perhitungan konstanta sel.

LANGKAH PERHITUNGAN

Perhitungan Sel

Perhitungan sel ditujukan untuk membangkitkan konstanta sel, berupa tampang lintang makroskopik sel. Data ini akan menjadi masukan bagi perhitungan difusi teras. Program

WIMS D/4 dipilih untuk perhitungan sel karena WIMS merupakan program kalkulasi sel yang didasarkan atas teori transport, bersifat umum dan mampu menangani berbagai jenis reaktor [2].

Perhitungan sel dikerjakan untuk 4 kelompok energi neutron dengan model sel multiplate. Teras aktif RSG-GAS dibagi menjadi sel elemen bakar, sel elemen kendali dan sel IP/CIP. Setiap jenis fraksi bakar (41 jenis) yang ada di teras ke 26 perlu dihitung konstanta selnya. Konstanta sel-sel lainnya yang berada diluar teras aktif, misalnya sel Be, sel PRTE, sel instrumentasi dan sebagainya diambilkan dari data IAFUEL yang sudah tersedia.

Perhitungan Teras

Perhitungan teras dimaksudkan untuk memperoleh distribusi fluks neutron dan faktor puncak daya (PPF). Distribusi fluks neutron dan PPF tersebut selanjutnya akan diperbandingkan dengan data hasil eksperimen pengukuran fluks neutron.

Perhitungan difusi teras ke 26 RSG-GAS dengan program Batan-3DIFF dilakukan dalam 4 kelompok energi neutron untuk kondisi teras sesuai dengan kondisi eksperimen pengukuran fluks neutron. Kondisi eksperimen yang disimulasikan dengan perhitungan adalah kondisi teras dingin, bebas xenon dan samarium, daya 100 kW dan posisi batang kendali *BANK* 271 mm serta posisi *Regulating Rod* 280 mm. Data tampang lintang sel dihitung dengan program perhitungan sel WIMS D/4.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan semua proses perhitungan maka diperoleh hasil akhir berupa distribusi PPF aksial dan radial untuk masing-masing posisi sesuai dengan kondisi eksperimen.

Posisi pengukuran yang diperbandingkan dengan perhitungan adalah 15 posisi radial yaitu, grid A-4, A-6, A-9, C-3, C-6, C-10, D-10, E-3, E-5, F-3, F-7, F-10, H-4, H-7 dan H-9, dan 8 posisi aksial untuk masing-masing grid di atas, yaitu pada ketinggian 12,5 mm, 87,5 mm, 162,5 mm, 237,5 mm, 312,5 mm, 387,5 mm, 462,5 mm, 537,5 mm. Data hasil perhitungan dan hasil pengukuran beserta tampilan grafisnya dimuat di lampiran.

Hasil pengukuran dan perhitungan PPF radial menunjukkan penyimpangan minimal 0,8 % di *grid* H-7 dan maksimal 18,4 % di *grid* C-10, sedangkan PPF aksial menunjukkan penyimpangan minimal 0,49 % di *grid* F-7 pada ketinggian 462,5 mm dan maksimal 88,02 % di *grid* E-3 pada ketinggian 537,5 mm.

Perbedaan hasil perhitungan dan data pengukuran ini disebabkan oleh banyak faktor. Faktor yang mempengaruhi hasil pengukuran fluks adalah koreksi faktor perisai diri yang, meskipun sudah disertakan ke dalam perhitungan, tetapi faktor itu sendiri belum dapat ditentukan secara teliti. Data yang diperbandingkan tidak benar-benar ekuivalen, karena PPF pengukuran hanya memperhitungkan fluks neutron termal, sedangkan PPF perhitungan Batan-3DIFF memperhitungkan seluruh spektrum neutron.

Perbedaan hasil perhitungan dan data pengukuran ini bukan merupakan indikasi atas benar salahnya program Batan-3DIFF, tetapi merupakan data yang menunjukkan sejauh mana hasil perhitungan menyimpang dari data pengukuran. Data seperti ini akan memberikan tingkat keyakinan tertentu atas kemampuan dan keterbatasan program Batan-3DIFF.

KESIMPULAN

Untuk PPF radial, hasil pengukuran dan perhitungan menunjukkan penyimpangan minimal 0,8 % di *grid* H-7 dan maksimal 18,4 % di *grid* C-10, sedangkan untuk PPF aksial, hasil pengukuran dan perhitungan menunjukkan penyimpangan minimal 0,49 % di *grid* F-7 pada ketinggian 462,5 mm dan maksimal 88,02 % di *grid* E-3 pada ketinggian 537,5 mm.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Drs. Amir Hamzah dan Jaka Iman atas kerjasamanya dalam melaksanakan penelitian ini. Ucapan terimakasih juga ingin penulis sampaikan kepada Dr. Liem Peng Hong dan Ir. Tagor M.

Sembiring, serta staf Bidang Fisika Reaktor atas diskusi dan sumbangan pemikiran yang sangat membantu dalam penyelesaian penelitian dan penulisan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ott, Karl O., Bezzela, W., *Introductory Nuclear Reactor Statics*, American Nuclear Society, Illinois, USA, 1989.
2. Askev, J.R., Fayers, F.J., Kenshell, P.B., *A General Description of the Lattice Code WIMS*, Journal of the British Nuclear Energy Society, Vol. 5 No. 4., 1966.

Lampiran

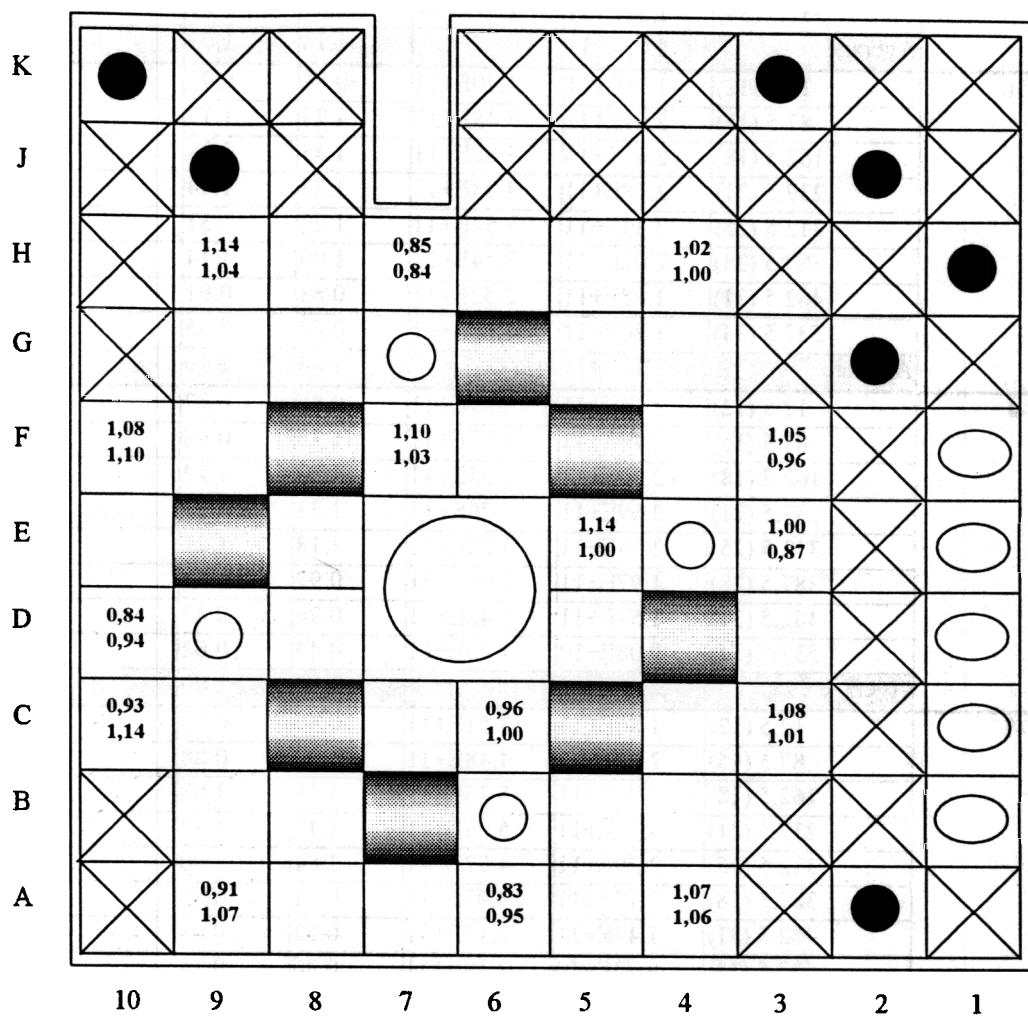
Tabel 1.

Hasil Pengukuran dan Perhitungan Fluks Neutron Teras-26 MPR-30

Posisi		Fluks Termal		PPF		
Radial	Aksial (mesh)	Eksp.	Perh.	Eksp.	Perh.	Deviasi (%)
A-4	12.5 (12)	1.40E+11	2.47E+12	0.69	0.83	16.8
	87.5 (15)	2.13E+11	2.94E+11	1.04	1.03	-1.4
	162.5 (18)	2.26E+12	3.64E+11	1.28	1.27	-1.0
	237.5 (21)	2.83E+11	3.88E+11	1.39	1.36	-2.2
	312.5 (25)	2.80E+11	3.68E+11	1.37	1.30	-5.1
	387.5 (28)	2.51E+11	3.23E+11	1.23	1.15	-7.0
	462.5 (31)	1.97E+11	2.61E+11	0.97	0.94	-3.6
	537.5 (34)	1.16E+11	1.85E+11	0.57	0.67	14.8
	Average			1.07	1.06	-0.9
A-6	12.5 (12)	3.05E+11	3.79E+11	1.14	0.80	-42.3
	87.5 (15)	3.50E+11	4.79E+11	1.31	0.99	-32.8
	162.5 (18)	3.31E+11	5.84E+11	1.24	1.20	-2.9
	237.5 (21)	2.73E+11	5.99E+11	1.02	1.25	18.7
	312.5 (25)	2.01E+11	5.21E+11	0.75	1.13	33.5
	387.5 (28)	1.39E+01	4.40E+11	0.52	0.97	46.7
	462.5 (31)	1.11E+11	3.49E+11	0.41	0.78	47.6
	537.5 (34)	7.50E+10	2.46E+11	0.28	0.56	49.7
	Average			0.83	0.95	12.6
A-9	12.5 (12)	1.96E+11	2.56E+11	0.97	0.85	-13.6
	87.5 (15)	2.36E+11	3.06E+11	1.16	1.05	-10.5
	162.5 (18)	2.46E+11	3.76E+11	1.22	1.29	5.3
	237.5 (21)	2.35E+11	3.99E+11	1.16	1.37	15.6
	312.5 (25)	2.07E+11	3.77E+11	1.02	1.31	21.9
	387.5 (28)	1.69E+11	3.32E+11	0.84	1.15	27.1
	462.5 (31)	1.28E+11	2.68E+11	0.63	0.94	32.6
	537.5 (34)	6.37E+10	1.92E+11	0.31	0.67	53.8
	Average			0.91	1.07	15.0
C-3	12.5 (12)	1.41E+11	2.45E+11	0.65	0.84	22.4
	87.5 (15)	2.52E+11	2.95E+11	1.16	1.05	-10.6
	162.5 (18)	3.04E+11	3.62E+11	1.41	1.29	-9.7
	237.5 (21)	3.10E+11	3.75E+11	1.44	1.34	-7.4
	312.5 (25)	2.85E+11	3.36E+11	1.32	1.21	-9.1
	387.5 (28)	2.40E+11	2.87E+11	1.11	1.04	-6.8
	462.5 (31)	1.89E+11	2.28E+11	0.87	0.83	-5.2
	537.5 (34)	1.44E+11	1.60E+11	0.67	0.58	-15.0
	Average			1.08	1.01	-6.9
C-6	12.5 (12)	2.85E+11	4.67E+11	1.06	0.95	-11.5
	87.5 (15)	3.47E+11	6.05E+11	1.30	1.74	25.3
	162.5 (18)	3.38E+11	7.27E+11	1.26	1.42	11.0
	237.5 (21)	3.17E+11	7.27E+11	1.18	1.41	16.4
	312.5 (25)	2.82E+11	6.03E+11	1.05	1.12	6.2
	387.5 (28)	2.29E+11	4.86E+11	0.85	0.91	6.1
	462.5 (31)	1.53E+11	3.71E+11	0.57	0.70	18.3
	537.5 (34)	1.03E+11	2.56E+11	0.39	0.48	19.4
	Average			0.96	1.00	4.1

C-10	12.5 (12)	2.03E+11	2.67E+11	1.00	0.93	-7.2
	87.5 (15)	2.49E+11	3.15E+11	1.23	1.14	-8.0
	162.5 (18)	2.55E+11	3.85E+11	1.26	1.39	9.6
	237.5 (21)	2.34E+11	4.07E+11	1.16	1.48	21.4
	312.5 (25)	1.98E+11	3.80E+11	0.98	1.39	29.2
	387.5 (28)	1.57E+11	3.32E+11	0.78	1.21	35.6
	462.5 (31)	1.25E+11	2.67E+11	0.62	0.97	36.4
	537.5 (34)	9.37E+11	1.90E+11	0.46	0.70	34.0
	Average			0.93	1.14	18.4
D-10	12.5 (12)	2.51E+11	2.94E+11	0.94	0.81	-16.7
	87.5 (15)	3.17E+11	3.49E+11	1.13	0.99	-13.8
	162.5 (18)	3.30E+11	4.25E+11	1.23	1.21	-1.8
	237.5 (21)	2.99E+11	4.40E+11	1.12	1.25	10.5
	312.5 (25)	2.43E+11	3.94E+11	0.91	1.11	18.1
	387.5 (28)	1.79E+11	3.39E+11	0.67	0.95	29.8
	462.5 (31)	1.23E+11	2.72E+11	0.46	0.76	39.7
	537.5 (34)	6.18E+10	1.95E+11	0.23	0.54	57.6
	Average	2.25E+11		0.84	0.94	10.8
E-3	12.5 (12)	3.82E+11	2.58E+11	0.14	0.73	80.9
	87.5 (15)	2.67E+11	3.14E+11	0.98	0.92	-6.2
	162.5 (18)	3.70E+11	3.83E+11	1.36	1.13	-20.5
	237.5 (21)	3.82E+01	3.96E+11	1.41	1.16	-21.2
	312.5 (25)	3.41E+11	3.51E+11	1.26	1.02	-23.2
	387.5 (28)	2.81E+11	2.99E+11	1.03	0.87	-18.4
	462.5 (31)	2.38E+11	2.37E+11	0.88	0.69	-27.7
	537.5 (34)	2.48E+11	1.67E+11	0.91	0.48	-88.0
	Average	2.71E+11		1.00	0.87	-15.5
E-5	12.5 (12)	2.59E+11	3.26E+11	1.04	1.01	-3.5
	87.5 (15)	3.97E+11	3.82E+11	1.59	1.25	-27.7
	162.5 (18)	4.02E+11	4.60E+11	1.61	1.49	-8.1
	237.5 (21)	3.57E+11	4.53E+11	1.43	1.47	2.5
	312.5 (25)	2.89E+11	3.59E+11	1.16	1.05	-10.6
	387.5 (28)	2.28E+11	2.88E+11	0.92	0.84	-9.4
	462.5 (31)	1.03E+11	2.21E+11	0.81	0.65	-25.6
	537.5 (34)	1.33E+11	1.53E+11	0.53	0.45	-19.1
	Average	2.84E+11		1.14	1.00	-14.2
F-3	12.5 (12)	2.22E+11	2.49E+11	0.96	0.77	-25.4
	87.5 (15)	3.05E+11	3.03E+11	1.32	0.96	-37.0
	162.5 (18)	3.30E+11	3.72E+11	1.43	1.19	-20.6
	237.5 (21)	3.13E+11	3.91E+11	1.35	1.25	-8.0
	312.5 (25)	2.69E+11	3.63E+11	1.16	1.17	0.6
	387.5 (28)	2.15E+11	3.14E+11	0.93	1.01	8.2
	462.5 (31)	1.67E+11	2.50E+11	0.72	0.81	11.1
	537.5 (34)	1.14E+11	1.77E+11	0.49	0.57	14.4
	Average	2.42E+11		1.05	0.96	-9.7
F-7	12.5 (12)	2.49E+11	4.59E+11	1.00	0.99	-1.4
	87.5 (15)	3.46E+11	5.96E+11	1.39	1.21	-14.9
	162.5 (18)	3.73E+11	7.15E+11	1.50	1.46	-2.6
	237.5 (21)	3.51E+11	7.14E+11	1.41	1.45	2.8
	312.5 (25)	2.99E+11	6.01E+11	1.20	1.15	-4.2
	387.5 (28)	2.35E+11	4.87E+11	0.95	0.94	-1.5
462.5 (31)	1.80E+11	3.73E+11	0.72	0.72	0.5	

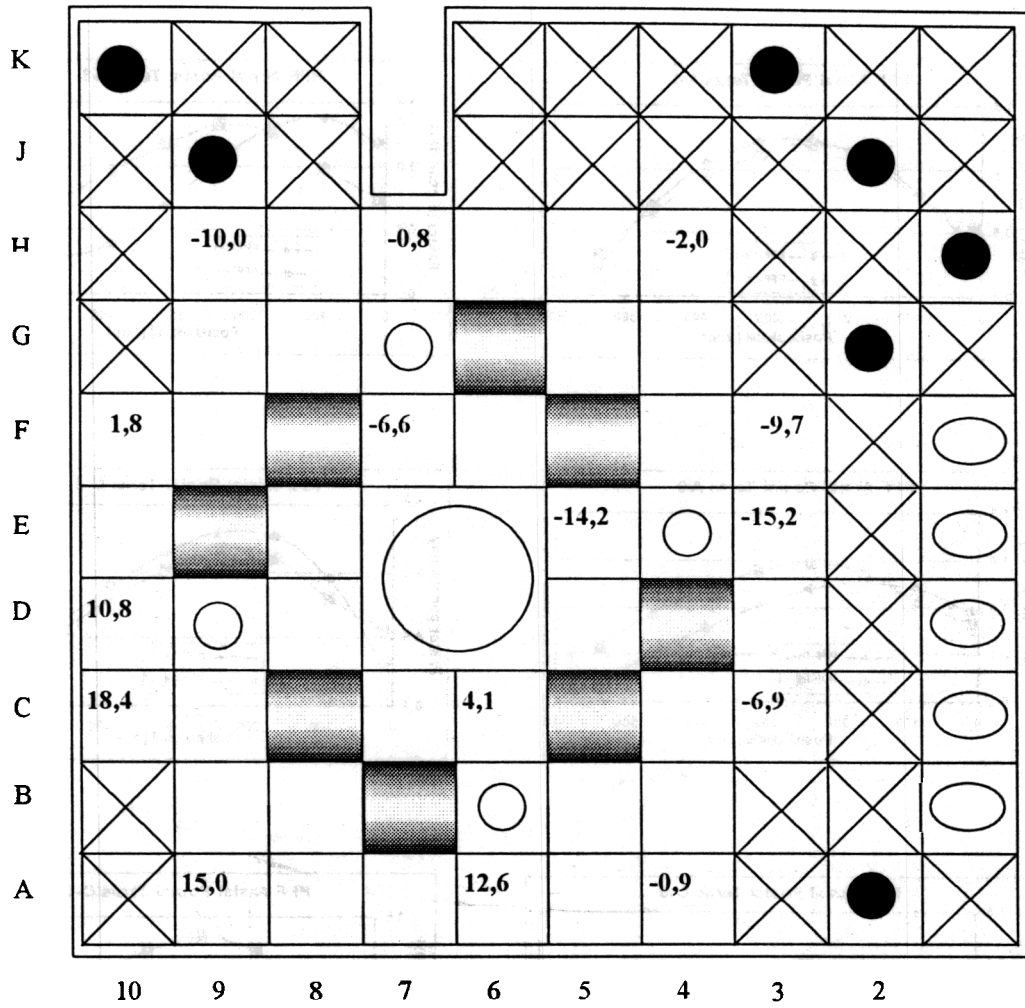
	537.5 (34)	1.51E+11	2.57E+11	0.61	0.50	-21.8
	Average	2.73E+11		1.10	1.03	-6.6
F-10	12.5 (12)	1.78E+11	2.70E+11	0.88	0.93	5.2
	87.5 (15)	2.61E+11	3.18E+11	1.29	1.13	-13.7
	162.5 (18)	2.89E+11	3.88E+11	1.43	1.38	-3.3
	237.5 (21)	2.78E+11	4.03E+11	1.37	1.44	5.1
	312.5 (25)	2.43E+11	3.64E+11	1.20	1.31	8.6
	387.5 (28)	2.02E+11	3.14E+11	1.00	1.14	12.0
	462.5 (31)	1.68E+11	2.52E+11	0.83	0.91	9.0
	537.5 (34)	1.26E+11	1.80E+11	0.62	0.65	4.8
	Average	2.18E+11		1.08	1.10	1.8
H-4	12.5 (12)	1.74E+11	2.37E+11	0.86	0.77	-11.5
	87.5 (15)	2.48E+11	2.87E+11	1.22	0.98	-24.2
	162.5 (18)	2.76E+11	3.55E+11	1.36	1.22	-11.9
	237.5 (21)	2.69E+11	3.76E+11	1.33	1.30	-2.6
	312.5 (25)	2.39E+11	3.53E+11	1.18	1.23	4.0
	387.5 (28)	1.97E+11	3.09E+11	0.97	1.08	10.2
	462.5 (31)	1.54E+11	2.48E+11	0.76	0.87	12.6
	537.5 (34)	9.08E+10	1.75E+11	0.45	0.62	27.1
	Average	2.06E+11		1.02	1.00	-2.0
H-7	12.5 (12)	1.86E+11	3.51E+11	0.69	0.70	1.8
	87.5 (15)	2.79E+11	4.48E+11	1.03	0.88	-16.9
	162.5 (18)	3.20E+11	5.46E+11	1.18	1.08	-9.2
	237.5 (21)	3.17E+11	5.56E+11	1.17	1.12	-4.2
	312.5 (25)	2.79E+11	4.72E+11	1.04	1.00	-3.6
	387.5 (28)	2.19E+11	3.97E+11	0.81	0.86	6.0
	462.5 (31)	1.44E+11	3.13E+11	0.53	0.69	22.9
	537.5 (34)	9.73E+10	2.19E+11	0.36	0.48	25.6
	Average	2.30E+11		0.85	0.84	-0.8
H-9	12.5 (12)	1.83E+11	2.47E+11	0.90	0.79	-13.8
	87.5 (15)	2.38E+11	3.00E+11	1.18	1.00	-18.0
	162.5 (18)	2.72E+11	3.71E+11	1.34	1.24	-8.0
	237.5 (21)	2.84E+11	3.96E+11	1.40	1.33	-5.0
	312.5 (25)	2.76E+11	3.77E+11	1.36	1.28	-6.3
	387.5 (28)	2.49E+11	3.32E+11	1.23	1.13	-8.6
	462.5 (31)	2.05E+11	2.69E+11	1.01	0.92	-10.1
	537.5 (34)	1.43E+11	1.91E+11	0.71	0.65	-8.7
	Average	2.31E+11		1.14	1.04	-10.0
Grand Average				1.00	1.00	



Gambar 1. PPF radial Hasil Pengukuran dan Perhitungan Teras 26 RSG-GAS

Catatan:

- Data pengukuran pada larik atas
- Data perhitungan pada larik bawah



Gambar 2. Deviasi Hasil Pengukuran dan Perhitungan PPF radial Teras 26 RSG-GAS (%)

