

STUDI DISTRIBUSI LAJU ALIR DALAM SATU ELEMEN BAKAR RSG-GAS.

Asnul Sufmawan, Dewanto Saptoadi, Kawkab Mustofa

ABSTRAK

STUDI DISTRIBUSI LAJU ALIR DALAM 1 ELEMEN BAKAR RSG-GAS. Studi perhitungan distribusi laju alir dilakukan dengan menggunakan paket program hidrolika FLAC. Masukan menggunakan hasil pengukuran distribusi laju alir elemen bakar di dalam teras RSG-GAS. Hasil perhitungan berguna untuk mengetahui batas atas dan batas bawah laju alir dalam elemen bakar yang selanjutnya akan menunjang keselamatan pengoperasian RSG-GAS, terutama dalam penentuan margin keselamatan terhadap instabilitas aliran. Hasil-hasil perhitungan laju alir yang menggunakan paket program FLAC, menunjukkan kesesuaian dengan hasil Interatom.

ABSTRACT

STUDY OF FLOWRATE DISTRIBUTION 1 ELEMENT BURN RSG-GAS. Study of flowrate distribution will be done by using program package of hydrolika FLAC. Using result of measurement of element rate of flowrate of fuel calculation good for knowing boundary to the boundary under rate of flow in element burn, hereinafter will be used for support safety of operation of RSG-GAS. Especially in the determination of safety margin to stream instabilities. Result of measurement of element rate by using program package FLAC, showing result with Interatom.

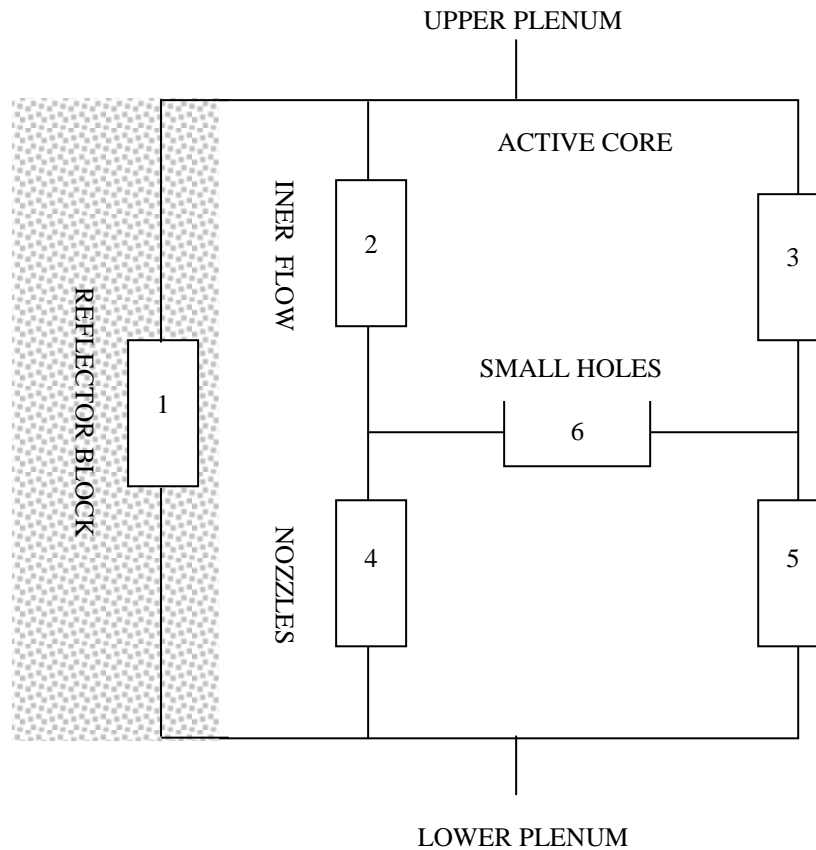
Keyword : Flow, fuel

PENDAHULUAN

Elemen bakar RSG-GAS berbentuk pelat paralel dengan jumlah pelat sebanyak 21 buah pelat dan 20 kanal pendingin. Distribusi laju alir di dalam teras RSG-GAS telah dapat diukur dengan menggunakan *Turbin Flow Meter* yang ditempatkan di dalam elemen bakar dummy. Temperatur pelat, bahan bakar (*meat*) dan pendingin, selain bergantung pada debit pompa primer juga bergantung pada distribusi laju alir di dalam setiap kanal pendingin di dalam satu elemen bakar. Hingga saat ini hal tersebut belum pernah dilakukan, untuk itu pada tahun anggaran 2006 direncanakan untuk melakukan studi perhitungan distribusi laju alir dalam 1 elemen bakar.

Studi perhitungan distribusi laju alir akan dilakukan dengan menggunakan paket program hidrolika FLAC, menggunakan hasil pengukuran distribusi laju alir elemen bakar di dalam teras RSG-GAS. Hasil perhitungan berguna untuk mengetahui batas atas dan batas bawah laju alir dalam elemen bakar yang selanjutnya akan menunjang keselamatan pengoperasian RSG-GAS, terutama dalam penentuan margin keselamatan terhadap instabilitas aliran. Di dalam perhitungan ini di gunakan lintasan laju alir yang ada pada

gambar 1. Secara garis besar lintasan di bagi dua, yaitu lintasan yang melalui teras aktif dan yang melalui blok reflektor berilium.



Gambar 1. Lintasan aliran pendingin pada teras reaktor

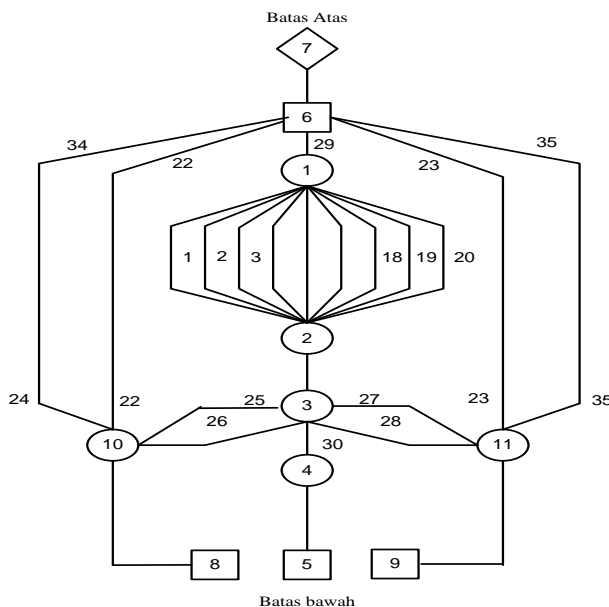
METODA PERHITUNGAN

Program FLAC adalah suatu program untuk menentukan distribusi aliran dengan mempergunakan persamaan kekekalan momentum satu dimensi dan kekekalan massa. Kanal-kanal aliran pada rangkaian tersebut dinyatakan dengan suatu simpul (node) dan cabang (branch) yang saling berhubungan. Simpul adalah suatu titik tak berdimensi yang merupakan percabangan dari cabang-cabang. Sedangkan cabang adalah kanal tempat mengalirnya fluida. Kanal tersebut memiliki dimensi panjang, lebar dan tebal dimana dilakukan perhitungan rugi tekanan akibat friksi, suhu dan sebagainya.

Seperti yang telah disinggung sebelumnya. Untuk melakukan analisis laju alir pendingin yang melalui kanal bahan bakar dipergunakan program FLAC yang telah dimodifikasi. Secara singkat dapat dijelaskan bahwa modifikasi yang dilakukan pada program FLAC adalah untuk menyesuaikan jenis fluida kerja yang dipergunakan untuk

menentukan koefisien friksi antara fluida dan material pembentuk kanal aliran.

Pemodelan aliran pada kanal elemen bakar tersebut dapat dilihat pada gambar 1. Model rangkaian aliran pendingin tersebut terdiri dari 12 simpul dan 35 cabang. Simpul-simpul tersebut menyatakan titik-titik percabangan atau penggabungan kanal-kanal aliran di dalam dan di sekeliling elemen bakar, seperti terlihat pada gambar 2. Aliran pendingin mengalir dari bagian atas teras (upper plenum cabang 24 simpul 6 dan 7) menuju ke bagian dalam elemen bakar (cabang 29) dan kanal aliran disekitar elemen bakar (cabang 22, 23, 34 dan 35). Aliran yang melalui bagian dalam elemen bakar terbagi menjadi 20 kanal yang dibentuk oleh plat-plat bahan bakar dan berkumpul pada badian ujung plat bahan bakar di dalam elemen bakar (simpul 2). Sebagian besar dari aliran pendingin ini mengalir melalui "nozzle" menuju ke bagian bawah teras (simpul 5). Sedangkan sebagian kecil dari aliran tersebut sksn mengalir ke luar elemen bakar (cabang 25, 26, 27 dan 28) menuju kebagian atas dari kisi teras (simpul 10 dan 11). Aliran pendingin ini akan bergabung dengan aliran pendingin yang berasal dari kanal-kanal di luar elemen bakar (cabang 22, 23, 34 dan 35) dan mengalir ke bagian bawah teras (simpul 8 dan 9) melalui lubang yang berdiameter 18 mm (cabang 32 dan 33) yang terdapat pada kisi teras. Pada gambar 2, simpul berbentuk segi enam adalah simpul yang menyatakan sumber aliran fluida dengan laju alir tetap, simpul dengan tekanan tetap dan simpul berbentuk lingkaran adalah simpul sembarang dimana tekanan simpul tersebut merupakan hasil perhitungan program. Kanal-kanal pendingin ysg berbentuk antara elemen bakar dengan elemen sekitarnya dinyatakan sebagai cabang 22, 23, 34 dan 35. Cabang 22 dan 23 adalah kanal yang terbentuk antara plat elemen bakar dengan elemen sebelahnya (sesuai tabel 1) sedangkan cabang 34 dan 35 adalah kanal yang berbentuk antar plaat penjepit plat bahan bakar (side plate) dengan elemen sebelahnya. Ukuran cabang 22 dan 23 adalah sesuai dengan yang tercantum pada tabel 1.



Gambar 2. Pemodelan rangkaian aliran untuk perhitungan laju alir

PERHITUNGAN

Seperti yang telah disebut sebelumnya hanya laju alir yang melalui bagian dalam eleven bakar yang diketahui. Oleh sebab itu untuk dapat mengetahui laju alir yang melalui kanal-kanal disekitar eleven bakar harus dilakukan iterasi, dimana harga laju alir di dalam elemen bakar dipergunakan sebagai harga acuan. Iterasi dilakukan dengan cara mengubah harga laju alir pada simpul 7 dari model di muka, sampai diperoleh harga laju alir yang melewati bagian elemen bakar sesuai dengan harga yang diketahui. Perhitungan tersebut dilakukan untuk setiap jenis kanal seperti yang tercantum pada tabel 1. dengan keadaan laju alir nominal pada dimensi nominal serta laju alir minimum pada dimensi minimum. Besarnya laju alir nominal dan minimum yang melewati kanal bagian dalam elemen bakar adalah 12,50 kg/det dan 10,54 kg/det. Besarnya laju alir tersebut sama dengan yang dipergunakan oleh Interatom dalam melakukan analisis laju alir di kanal luar elemen bakar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan menggunakan model, data dan metoda perhitungan seperti yang telah diuraikan sebelumnya, maka diperoleh hasil perhitungan untuk laju alir nominal dalam 1 elemen bakar adalah sebesar 13,23 kg/det, sedangkan Interatom sebesar 12,50 kg/det. Untuk laju alir dalam 1 elemen bakar minimum adalah sebesar 11,13 m/det, sedangkan Interatom sebesar 10,54 kg/det.

Seperti hasil yang diperoleh untuk kondisi nominal, untuk keadaan laju alir minimum pada dimensi minimum juga diperoleh harga kecepatan aliran pada kanal dalam yang mendekati harga hasil perhitungan interatom yaitu 3,29 m/det dibanding 3,31 m/det. Untuk kanal dibagian luar, harga yang diperoleh dari perhitungan dengan FLAC juga berbeda dari Interatom. Akan tetapi dapat dilihat bahwa harga hasil-hasil perhitungan tersebut tidak memiliki kecenderungan yang sama. Dari tabel 2 terlihat bahwa kecepatan aliran pendingin di kanal luar elemen bakar hasil perhitungan FLAC lebih rendah dari pada kecepatan pendingin di kanal bagian dalam, sedangkan hasil perhitungan Interatom kecepatan aliran pada kanal cébela luar maíz lebih tinggi dari kanal sebelah dalam.

Secara umum perbedaan pada hasil perhitungan diatas, kemungkinan disebabkan oleh perbedaan model perhitungan yang dipergunakan penulis dengan Interatom. Kesulitan lain adalah pada keadaan sesungguhnya pada elemen bakar, yang dipengaruhi oleh elemen bakar sekitarnya. Keterbatasan ini mungkin bisa diatasi dengan mempergunakan pemodelan aliran yang lebih kompleks, yaitu pemodelan yang menyatakan beberapa elemen bakar dan tidak hanya 1 elemen bakar.

Dengan menggunakan model, data dan metoda perhitungan seperti yang telah diuraikan sebelumnya, maka diperoleh hasil perhitungan untuk keadaan dimensi nominal dan laju alir nominal elemen bakar ditunjukkan pada tabel 1. Sedangkan hasil perhitungan untuk keadaan laju alir minimum ditunjukkan pada tabel 1.

Sebagai pembandingan diperlihatkan pula pada tabel 1 dan 2 hasil perhitungan Interatom untuk kondisi yang sesuai. Hasil dari perhitungan laju alir tersebut, akan digunakan sebagai masukan dalam analisi keselamatan termohidraulika untuk menentukan batas keselamatan termohidraulika reactor.

Tabel 1. Hasil perhitungan untuk laju alir nominal

Jenis kanal	FLAC		Interatom
	Laju alir (m/det)	Kecepatan (m/det)	Kecepatan (m/de)
1	14,07	3,70	3,84
2	11,13	3,39	3,71
3	15,54	3,83	4,05
4	13,23	3,67	3,69

Tabel 2. Hasil perhitungan untuk laju alir minimum

Jenis kanal	FLAC		Interatom
	Laju alir (m/det)	Kecepatan (m/det)	Kecepatan (m/de)
1	9,45	3,03	3,69
2	7,14	2,72	3,38
3	11,13	3,22	3,76
4	11,13	3,29	3,31

Sebagai pembanding diperlihatkan pada tabel 1 dan 2 hasil perhitungan Interatom dan FLAC bersesuaian, dan akan digunakan untuk menentukan batas keselamatan termohidrolika reactor.

KESIMPULAN

Dengan demikian hasil analisis untuk menentukan laju alir dalam elemen bakar, hasil perhitungan dengan FLAC mendekati hasil perhitungan dari Interatom. Yaitu untuk laju alir nominal dan minimum mendekati dengan hasil perhitungan yang dilakukan dengan Interatom. Sedangkan untuk kondisi laju alir minimum dengan dimensi kanal minimum, hasil perhitungan yang diperoleh tidak sesuai dengan yang diperoleh pemasok, dimana kecepatan aliran pendingin pada kanal luar lebih rendah dari kanal dalam. Untuk itu perlu dilakukan analisis lebih lanjut untuk memastikan batas keselamatan pada kanal tersebut. Demi terlaksananya operasi reactor dengan selamat.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. "Laporan Komisioning Nuklir RSG.G.A. Siwabessy" Pusat Reactor Serba Guna, Badan Tenaga Atom Nasional, Serpong, Februari 1993

LAMPIRAN

JFLAC MODEL FOR STUDYING FLOW DISTRIBUTION	CARD 1 1
SAMPLE TEST 5	CARD 1 2
FLOW DISTRIBUTION IN RSG-GAS FUEL ELEMENT	CARD 1 3
INTER FUEL OUTER PLATE	CARD 1 4
FLOW CONTROL MODEL	CARD 1 5
\$#\$	CARD 1 6
BRANCH DESCRIPTION	CARD 1 7
63 Upper plenum	CARD 1 8
61 Control channel for inner plates	CARD 1 9
01-20 Upper section of fuel element	CARD 110
21-40 Inner plate channels	CARD 111
41-60 Lower section of fuel element	CARD 112
70 Upper section of fuel nozzle	CARD 113
62 Lower section of fuel nozzle	CARD 114
64,67 Outer plate channels	CARD 115
65,68,71,72 Corner holes of fuel element	CARD 116
66,69 Grid holes	CARD 117
	CARD 118
50 72 3 1 10000 0 0 0 0 0 0 0	CARD 20
0 0 0 1 0 1 1 0 1	CARD 30
.1917 -06 0.6740 00 6.242795 01 0.1 -03 1.242	CARD 40
1 1 42 2 1 2 3 1 3 4 1 4 5 1 5 6 1	CARD 6 0
7 1 7 8 1 8 9 1 9 10 1 10 11 1 11 12 1	CARD 6 1
13 1 13 14 1 14 15 1 15 16 1 16 17 1 17 18 1	CARD 6 2
19 1 19 20 1 20 21 42 21 22 2 22 23 3 23 24 4	CARD 6 3
25 5 25 26 6 26 27 7 27 28 8 28 29 9 29 30 10	CARD 6 4
31 11 31 32 12 32 33 13 33 34 14 34 35 15 35 36 16	CARD 6 5
37 17 37 38 18 38 39 19 39 40 20 40 41 21 43 42 22	CARD 6 6
43 23 43 44 24 43 45 25 43 46 26 43 47 27 43 48 28	CARD 6 7
49 29 43 50 30 43 51 31 43 52 32 43 53 33 43 54 34	CARD 6 8
55 35 43 56 36 43 57 37 43 58 38 43 59 39 43 60 40	CARD 6 9
61 41 1 62 50 44 63 45 41 64 41 46 65 43 46 66 46	CARD 610
67 41 47 68 43 47 69 47 49 70 43 50 71 43 46 72 43	CARD 611
1 1 1 4.071385-01 2.912375-01 1.948815 00 0.0062500 00 0.07	CARD 7 1
2 19 -1 4.071385-01 2.912375-01 1.948815 00 0.0062500 00 0.07	CARD 7 2
20 20 1 4.071385-01 2.912375-01 1.948815 00 0.0062500 00 0.07	CARD 7 3
21 40 1 2.652122-01 1.934359-01 24.60625 00 0.0062500 00 0.07	CARD 7 4
41 41 1 4.071385-01 2.912375-01 1.811020 00 0.0062500 00 0.07	CARD 7 5
42 59 -1 4.071385-01 2.912375-01 1.811020 00 0.0062500 00 0.07	CARD 7 6
60 60 1 4.071385-01 2.912375-01 1.811020 00 0.0062500 00 0.07	CARD 7 7
61 61 -1 8.142540 00 2.845049 00 1.000000-09 0.0062500 00 0.0700	CARD 7 8
62 62 0 2.781480 00 1.881887 00 5.885815 00 0.0062500 00 0.0700	CARD 7 9
63 63 -1 8.142540 00 2.845049 00 1.000000 00 0.0062500 00 0.0700	CARD 710
64 64 1 2.652122-01 1.912375-01 26.00000 00 0.0062500 00 0.0700	CARD 711
65 65 1 7.750000-02 2.315000-01 1.240155 00 0.0062500 00 0.0700	CARD 712
66 66 0 3.944000-01 6.962000-01 6.614200 00 0.0062500 00 0.0700	CARD 713
67 67 1 2.652122-01 1.912375-01 26.00000 00 0.0062500 00 0.0700	CARD 714
68 68 1 7.750000-02 2.315000-01 1.240155 00 0.0062500 00 0.0700	CARD 715

```

69 69 0 3.944000-01 6.962000-01 6.614200 00 0.0062500 00 0.0700 CARD 716
70 70 0 4.389821 00 2.364169 00 1.927160 00 0.0062500 00 0.0700 CARD 717
71 72 1 7.750000-02 2.315000-01 1.240155 00 0.0062500 00 0.0700 CARD 718
CARD 8 0
44 48 49 CARD 9 0
45 31.00656 00 CARD10 0
1.5000000 00 1.500000 00 1.500000 00 1.500000 00 1.500000 00 1.500000 000CARD11 1
1.5000000 00 1.500000 00 1.500000 00 1.500000 00 1.500000 00 1.500000 000CARD11 2
1.5000000 00 1.500000 00 1.500000 00 1.500000 00 1.500000 00 1.500000 000CARD11 3
1.5000000 00 1.500000 00 1.500000 00 1.500000 00 1.500000 00 1.500000 000CARD11 4
1.5000000 00 1.500000 00 1.500000 00 1.500000 00 1.500000 00 1.500000 000CARD11 5
1.5000000 00 1.500000 00 1.500000 00 1.500000 00 1.500000 00 1.500000 000CARD11 6
1.5000000 00 1.500000 00 1.500000 00 1.500000 00 1.500000 00 1.500000 000CARD11 7
1.5000000 00 1.500000 00 1.500000 00 1.500000 00 1.500000 00 1.500000 000CARD11 8
1.5000000 00 1.500000 00 1.500000 00 1.500000 00 1.500000 00 1.500000 000CARD11 9
1.5000000 00 1.500000 00 1.500000 00 1.500000 00 1.500000 00 1.500000 000CARD1110
27.000000 00 27.00000 00 27.00000 00 1.500000 00 1.500000 00 1.500000 000CARD1111
1.5000000 00 1.500000 00 1.500000 00 1.400000 00 1.300000 00 1.100000 000CARD1112
30. +00 30. +00 30. +00 30.0000 +00 30.0000 +00 30.0000 +000CARD12 1
30. 30. 30. 30.0000 30.0000 30.0000 CARD12 2
30. 30. 30. 30.0000 30.0000 30.0000 CARD12 3
30. 30. 30. 30.0000 30.0000 30.0000 CARD12 4
30. 30. 30. 30.0000 30.0000 30.0000 CARD12 5
30. 30. 30. 30.0000 30.0000 30.0000 CARD12 6
30. 30. 30. 30.0000 30.0000 30.0000 CARD12 7
30. 33. 30.000 30.0000 30.0000 33. CARD12 8
33. 20.0 CARD12 9
1500 1000 1200 CARD13 0

```

--END OF INPUT--

```

67 67 0 4.679905 00 2.110300 00 0.393700 00 0.0062500 00 0.0700 CARD 714
31.000000 00 CARD1112
67 44 47 CARD 611
63 63 0 2.781480 00 1.881887 00 1.000000 00 0.0062500 00 0.0700 CARD 710

```

```

JFLAC MODEL FOR STUDYING FLOW DISTRIBUTION CARD 1 1
BFUFU1B.INP CARD 1 2
Nominal Flow 12,5 kg/s 27.55778278 lb/s CARD 1 3
FLOW DISTRIBUTION IN RSG-GAS FUEL ELEMENT CARD 1 4
INTER FUEL OUTER PLATE CARD 1 5
FLOW CONTROL MODEL CARD 1 6
$$$ CARD 1 7
BRANCH DESCRIPTION CARD 1 8
24 Upper plenum CARD 1 9
29 Upper section of fuel element CARD 110
01-20 Inner plate channels CARD 111
21 Lower section of fuel element CARD 112

```