

KAJIAN ULANG DESAIN TERMOHIDROLIKA RSG-GAS MENGUNAKAN PROGRAM COOLOD-N

oleh:
-Jaja Sukmana, A. Mariatma, Mashudi, Abd. Aziz RH
PRSG-BATAN, Kawasan Puspiptek Ged. 30, Serpong, Tangerang 15310

ABSTRAK

KAJIAN ULANG DESAIN TERMOHIDROLIKA TERAS RSG-GAS DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM COOLOD-N. Telah dilakukan kajian ulang terhadap data desain termohidrolika teras RSG-GAS dengan menggunakan program Coolod-N. Kajian ulang bertujuan untuk memverifikasi ulang program Coolod-N dalam perhitungan desain. Data keluaran termohidrolik yang diperoleh diantaranya: fluks massa rata-rata = $3763 \text{ kg/m}^2\text{s}$, temperatur permukaan plat = $144 \text{ }^\circ\text{C}$, temperatur maksimum meat bahan bakar $146 \text{ }^\circ\text{C}$, pembangkitan panas = $8205,4 \text{ W/cm}^3$, dan margin keselamatan = 3,67. Perbedaan hasil perhitungan ini terhadap hasil program lain disebabkan adanya kesalahan data masukan, yaitu hasil perhitungan mekanik dari dimensi teras dan bagian-bagiannya serta pemilihan formula-formula terkait program itu sendiri. Dari kegiatan ini diharapkan dapat menambah kompetensi sumber daya staf PRSG dalam menggunakan program komputer untuk menganalisis suatu desain maupun perubahan terhadap desain awal.

ABSTRACT

RE-ASSESSMENT OF THE RSG-GAS CORE TERMOHIDROLIC DESIGN USING COOLOD-N CODE. *Re-assessment of thermohydrolic design for the RGS-GAS core has been done using Coolod-N code. Re-assessment purposed to applied Coolod-N code on design calculation. The thermohydrolic output data obtained include: flux mass average of $3763 \text{ kg / m}^2\text{s}$, surface plate temperature of $144 \text{ }^\circ\text{C}$, maximum meat fuel temperature of $146 \text{ }^\circ\text{C}$, generation heat of $8205,4 \text{ W/cm}^3$, and safety margin of 3,67. The difference between this calculation and other computer code because of difference of data input reflected on mechanical data of core dimension and selection of certain formula to execute the program. It is expected by exercising this a such measure is able to enhance the capability of the operator in the light of analyzing of design modification or early design either using computer code.*

A.PENDAHULUAN

Desain teras reaktor dan tindakan korektif dari sistem pengendalian dan proteksi reaktor, menjamin bahwa kerapatan puncak

panas lokal (*peak local power*) tidak akan menyebabkan kerusakan bahan elemen bakar selama operasi normal atau operasi transien. Kondisi tersebut juga tidak akan menyebabkan kerusakan pada pelat bahan elemen bakar

Formatted: Swedish (Sweden)

Formatted: Font: 10 pt, Swedish (Sweden)

Formatted: Left: 4,5 cm, Right: 3 cm, Top: 3,5 cm, Bottom: 6,5 cm, Section start: Continuous, Header distance from edge: 1,7 cm, Footer distance from edge: 5,3 cm

Formatted: Font: 10 pt, Swedish (Sweden)

Formatted: Swedish (Sweden)

Formatted: Font: 10 pt, Swedish (Sweden)

Formatted: Swedish (Sweden)

Formatted: Font: 10 pt, Swedish (Sweden)

Formatted: Swedish (Sweden)

Formatted: Left

Formatted: Font: Not Bold, Swedish (Sweden)

Formatted: Font: 10 pt, Swedish (Sweden)

Formatted: Font: (Default) Times New Roman, Italic

Formatted: Justified

Formatted: Font: Italic

Formatted: Font: Not Bold, Italic

Formatted: Font: Not Bold, Italic, Font color:

Formatted: Font: Not Bold, Italic

Formatted: Font: Italic

Formatted: Font: 10 pt, Italic

Formatted: Bullets and Numbering

Formatted: Space After: 0 pt

Formatted: Indent: First line: 0,63 cm, Right: 0,63 cm

Formatted: Font: Arial Narrow, 10 pt

akibat kecelakaan terparah yang dipostulasikan, Tabel 1 menyajikan desain neutronik, termohidrolika, dan mekanik reaktor RSG-GAS. Beberapa dari data tersebut dapat ditinjau ulang menggunakan program computer Coolod-N. Coolod-N dipublikasikan oleh JAERI yang disusun oleh Masanori Kaminaga (1987), dipasang pada VAX8550 (1989) (pengembangan dari Coolod oleh S.Watanabe, 1984), kemudian dimodifikasi ke dalam mesin AXP oleh Kurnia Putranta (1996) dengan ditambahkan persamaan untuk menghitung parameter pelepasan gelembung (η) sesuai dengan persamaan yang digunakan oleh Interatom. Pada tahun 2004, program ini dikonversikan pada komputer PC. Saat ini program Coolod-N versi PC bisa dijalankan pada komputer yang menggunakan *operating system Windows-2000/NT/XP*. Tujuan kajian ulang dengan Coolod ini adalah melakukan verifikasi terhadap data termohidrolika teras RSG-GAS dengan paket program komputer yang sebenarnya telah digunakan oleh staf PRSG yang saat ini telah dipindahkan ke Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir (PTRKN). Diharapkan dengan pengkajian ulang staf PRSG mampu memverifikasi secara mandiri terhadap keselamatan dalam pengendalian keselamatan operasi reaktor.

B. TEORI

B.1. Desain RSG-GAS

Reaktor Serba Guna G.A. Siwabessy (RSG-GAS) merupakan reaktor jenis *MTR* (*Material Testing Reactor*) pertama di dunia yang dioperasikan langsung dengan menggunakan elemen bakar dengan pengkayaan uranium rendah, LEU (*Low Enriched Uranium*). Pada saat rancang bangun reaktor RSG-GAS dilaksanakan, hanya tersedia bahan bakar elemen bakar LEU jenis oksida (U₃O₈-Al) yang dapat digunakan untuk memenuhi spesifikasi yang ditentukan. Oleh karena itu RSG-GAS menggunakan bahan bakar oksida dengan densitas uranium dalam *meat* sebesar 2,96 g/cm³ dengan pengkayaan ²³⁵U sebesar 19,75%. Parameter desain neutronik dan termohidrolik RSG-GAS telah disajikan mengacu pada SAR (safety analysis report) RSG-GAS Rev.7 dan LAK (laporan analisis keselamatan) RSG-GAS Rev.10. Program komputer yang digunakan untuk menghitung neutronik dan termohidrolik pada SAR rev. 7 adalah COBRA-IIIC sedangkan di LAK rev.10 digunakan BATAN-FUEL dan BATAN-2DIFF. Parameter termohidrolik RSG-GAS disajikan seperti tabel berikut ini.

Tabel 1. Parameter Desain Termohidrolika dan Mekanik RSG-GAS

Parameter Desain Termohidrolika	SAR Rev.7	LAK Rev.10
Aliran Pendingin		
Total laju alir sistem primer, kg/skg/s	860	860
Nilai desain laju alir minimum, kg/skg/s	800	800
Laju alir efektif untuk pendinginan pelat bahan elemen bakar, kg/skg/s	618	618
Luas aliran efektif untuk perpindahan panas, m ²	0,1643	0,1643
Kecepatan rata-rata pendingin sepanjang pelat bahan elemen bakar, m/s	3,7	3,7
Kecepatan massa rata-rata di dalam teras reaktor, kg/m ² s	3761	3761
Penurunan tahanan di dalam teras reaktor, bar	0,50	0,50
Suhu Pendingin Temperatur		
Suhu masuk nominal, °C Temperatur	40,5	40,5

- Formatted: Swedish (Sweden)
- Formatted: No bullets or numbering
- Formatted: Bullets and Numbering
- Formatted: Indonesian
- Formatted: Indent: Left: 0 cm
- Formatted: Space After: 0 pt
- Formatted: Indonesian
- Formatted: Space After: 0 pt, No widow/orphan control, Hyphenate
- Formatted: Indonesian
- Formatted: Indonesian
- Formatted: Indonesian
- Formatted: Indonesian
- Formatted: Swedish (Sweden)
- Formatted: Indonesian
- Formatted: Indonesian
- Formatted: Indonesian
- Formatted: Space After: 0 pt
- Field Code Changed
- Formatted: Font: 9 pt, Not Bold
- Formatted Table
- Formatted: Font: 9 pt
- Formatted: Font: 9 pt
- Formatted: Font: 9 pt
- Formatted: Font: 9 pt
- Formatted: Font: 9 pt
- Formatted: Font: 9 pt
- Formatted: Font: 9 pt
- Formatted: Space Before: 0 pt
- Formatted: Font: 9 pt
- Formatted: Indent: First line: 0,63 cm, Right: 0,63 cm
- Formatted: Font: Arial Narrow, 10 pt

Kenaikan Temperatur suhu rata-rata di dalam teras reaktor, °CK	10,0	10,1
Temperatur Suhu rata-rata di keluaran teras reaktor, °C	50,5	50,6
Temperatur Suhu maksimum di keluaran kanal panas, °C	74,4	75,3
Perpindahan Panas		
Luas permukaan pelat bahan elemen bakar, m ²	72,29	72,29
Fluks panas rerata, W/m ²	41,5 x 10 ⁴	41,5 x 10 ⁴
Fluks panas maksimum untuk operasi normal, W/m ²	221,7 x 10 ⁴	221,7 x 10 ⁴

Tabel 1. lanjutan

Parameter Desain Termohidrolika	SAR Rev.7	LAK Rev.10
Suhu Pelat Elemen Bakar		
Suhu maksimum permukaan pelat, °C	145	146
Suhu maks di tengah bahan bakar pada daya nominal (awal siklus), °C	175	154
Suhu maks di tengah bahan bakar pada daya nominal (akhir siklus), °C	200	187
Suhu maksimum di tengah bahan bakar pada daya lebih (akhir siklus), °C	207	192
Stabilitas Aliran		
Marjin keselamatan min. pada daya nominal	3,38	3,01
Marjin keselamatan min. pada daya lebih	2,67	2,31
Marjin keselamatan min. untuk desain transien dan transien yang telah diantisipasi	1,48	1,48

B.2. Model Perhitungan dengan Coolod-N

Program perhitungan komputer (code) Coolod-N adalah suatu program komputer yang dipergunakan untuk perhitungan distribusi suhu dua dimensi, yaitu arah radial (y, arah ketebalan meat dan pelat) dan arah aksial (z, arah panjang atau tinggi pelat). Perhitungan dilakukan dengan cara mengasumsikan pembangkitan panas di dalam meat bahan bakar konstan ke arah radial ($Q = q''/y_U = \text{konstan}$) atau hanya terjadi konduksi panas satu dimensi. Adapun distribusi suhu pelat bakar arah aksial dihitung dari suhu *bulk* pendingin lokal dan distribusi daya aksial (faktor aksial) seperti tertera pada Gambar 1. Sedangkan Gambar 2, menunjukkan model perhitungan distribusi suhu di dalam pelat bakar, yaitu dari arah luar (pendingin) ke dalam (pelat dan meat).

Jika kondisi pendinginan antara sisi kanan dan kiri pelat bahan bakar berbeda, maka code komputer Coolod-N akan menghitung suhu maksimum meat bahan bakar sampai suhu maksimum meat bahan bakar tersebut sama antara sisi kanan dan kiri dengan mengubah lokasi titik suhu maksimum. Tetapi jika kondisi pendinginan sisi kanan dan kiri dari pelat bahan bakar sama, maka suhu maksimum bahan bakar akan terletak di tengah meat bahan bakar.

Formatted: Swedish (Sweden)

Formatted: Font: 9 pt

Formatted: Font: 9 pt

Formatted: Font: 9 pt

Formatted: Font: 9 pt

Formatted: Font: 9 pt

Formatted: Font: 9 pt

Formatted: Font: 9 pt

Formatted: Font: 9 pt

Formatted: Font: 9 pt

Formatted: Font: 9 pt

Formatted: Font: (Default) Times New Roman, 10 pt

Formatted: Centered

Formatted: No underline

Formatted Table

Formatted: Font: 9 pt

Formatted: Font: 9 pt

Formatted: Font: 9 pt

Formatted: Font: 9 pt

Formatted: Font: 9 pt

Formatted: Font: 9 pt

Formatted: Font: 9 pt

Formatted: Font: 9 pt

Formatted: Font: 9 pt

Formatted: Font: 9 pt

Formatted: Font: 9 pt

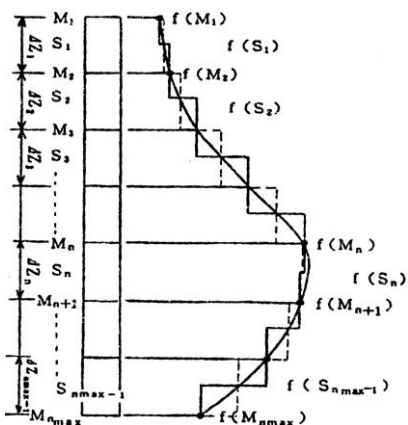
Formatted: Font: 9 pt

Formatted: Swedish (Sweden)

Formatted: Swedish (Sweden)

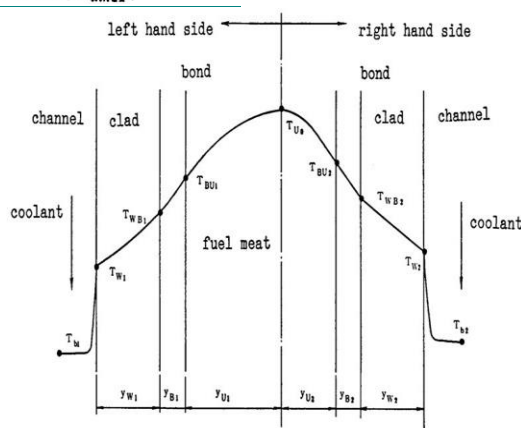
Formatted: Indent: First line: 0,63 cm, Right: 0,63 cm

Formatted: Font: Arial Narrow, 10 pt



Gambar 1. Contoh distribusi daya aksial (faktor aksial) yang digunakan di dalam code Coolod-N

Formatted: Centered



Gambar 2. Model perhitungan pelat bahan bakar

Formatted: Number of columns: 1, Col #1 width: 13,5 cm, Not Force equal column width

Gambar 2. Model perhitungan pelat bahan bakar

arah aliran dari atas ke bawah (*downward flow*) disajikan dalam lampiran.

METODOLOGI

Di dalam code Coolod-N, terdapat beberapa paket perhitungan perpindahan panas (*heat transfer package*) yang dapat dipergunakan untuk analisis termohidrolika reaktor riset. Adapun beberapa persamaan yang digunakan di dalam perhitungan untuk analisis reaktor RSG-GAS yang menggunakan pendinginan sirkulasi paksa (*forced convection*) dengan

- a) Studi literatur desain RSG-GAS pada SAR rev.7, LAK rev.10,
- a)b) Pelatihan menggunakan paket program Coolod-N under Windows.
- a)c) Menyiapkan inputan data Coolod-N, yaitu parameter desain teras, elemen bakar, dan pendingin.

Formatted: Left: 4,5 cm, Right: 3 cm, Top: 3,5 cm, Bottom: 6,5 cm, Header distance from edge: 1,7 cm, Footer distance from edge: 5,3 cm

Formatted: Swedish (Sweden)

Formatted: Bullets and Numbering

Formatted: Swedish (Sweden)

Formatted: Indent: Left: 0 cm, Hanging: 0,5 cm

Formatted: Bullets and Numbering

Formatted: Font: Italic, Swedish (Sweden)

Formatted: Swedish (Sweden)

Formatted: Font: Italic

Formatted: Indent: First line: 0,63 cm, Right: 0,63 cm

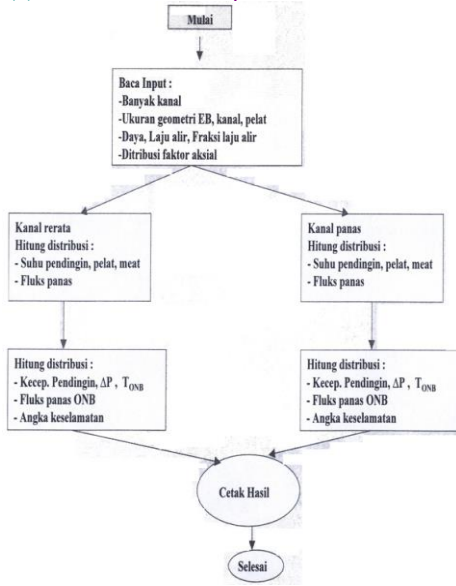
Formatted: Font: Arial Narrow, 10 pt

- d) Menjalankan program Coolod-N. Alur pemrograman ditunjukkan seperti diagram alir berikut ini.
- e) Menghitung distribusi suhu dan margin keselamatan menggunakan Coolod-N dan hasil-hasil lainnya.
- a)f) Membuat kesimpulan.

Gambar 3. Diagram alir perhitungan dengan code Coolod-N.

d) Menghitung distribusi suhu dan margin keselamatan menggunakan Coolod-N dan hasil-hasil lainnya

d) Membuat kesimpulan.



Formatted: Swedish (Sweden)

Formatted: Swedish (Sweden)

Formatted: Bullets and Numbering

Formatted: Swedish (Sweden)

Formatted: Swedish (Sweden)

Formatted: Bullets and Numbering

Formatted: Indent: Left: 0 cm, Hanging: 0,5 cm

Formatted: Bullets and Numbering

Formatted: Centered, Indent: Left: 0 cm

Formatted: Indent: Left: 0,75 cm, No bullets or numbering

Formatted: Space After: 0 pt

Formatted: Indent: First line: 0,63 cm, Right: 0,63 cm

Formatted: Font: Arial Narrow, 10 pt

D.HASIL

a. Inputan Coolod-N, sebagai berikut:

```

1.      INPUT DATA CARD IMAGE
2.      PERHITUNGAN TERMOHIDROLIKA RSG-GAS
2.3. C <CARD B1> INFORM
2.4.      1
2.5. C <CARD B2> IAMAX IMAX JMAX NMAX NPLOT KEY(1) KEY(2) KEY(3)
2.6.      1      5      13      1      0      1      2      0
2.7. C <CARD C> QRR(MW) PFLOW      TIN(DEG) DT(DEG) JAMX
2.8.      30.0      712.0      40.5      0.0      1
2.9. C <CARD E1> H1 H2 H3 A B C D ITWC
10.      0.023 0 0 0.8 0.4 0 0 1
11. C <CARD E2> FRATE VIN VOUT PRESIN RAMF
14.12.      0.87      0.0 0.0 2.036 0.0
14.13. C <CARD F1> FUEL ELEMENT TITLE
14.14.      ELEMEN BAKAR STANDAR
14.15. C <CARD F2> NPMX NFUEL MA UDENST POROTY IDPMX IDCMX EAREA FRATEN
14.16.      1      45.714 2 2.96 0.06 1 1 35.94 1.0
14.17. C <CARD F22> NUAL TUAL(1) UAL(1) TUAL(2) UAL(2)
14.18.      2      60.0 1.07 145 1.07
14.19. C <CARD F3> FR FCOOL FFILM FHFLX FCLAD FBOND FMEAT
14.20.      3.14 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0
14.21. C <CARD F4> FZ DDZ ZET
22.      0.0001 5.0 0.0
22.23.      0.4400 5.0 0.0
22.24.      0.8500 5.0 0.0
22.25.      1.2021 5.0 0.0
22.26.      1.4722 5.0 0.0
22.27.      1.6421 5.0 0.0
22.28.      1.7001 5.0 0.0
22.29.      1.6421 5.0 0.0
22.30.      1.4722 5.0 0.0
22.31.      1.2021 5.0 0.0
22.32.      0.8500 5.0 0.0
22.33.      0.4400 5.0 0.0
22.34.      0.0001 5.0 0.0
35. C <CARD F51> FUEL PLATE TITLE
35.36.      Elemen Bakar Terpanas
35.37. C <CARD F52> NPLATE FLOC IDPL KMX IPLOT IOUT
35.38.      21      1.0 1 1 0 1
35.39. C <CARD F53> ICHL(1) NHEAT(1) FRATEC(1) ICHL(2) NHEAT(2) FRATEC(2)
35.40.      1      2      1.0
35.41. C <CARD F6> XA XB XC YA HA HB HC
42.      0.027 0.027 0.065 6.275 1.25 60.0 1.25
43. C <CARD F74> XCHI YCHI MSFLW
43.44.      6.71 0.255 6
43.45. C <CARD F75> ZETA DH ZLAM HDE AR
46.      0.5 0.0 0.0 7.1141 50.7947
46.47.      0.0 4.95 56.9 7.1141 50.7947
46.48.      0.0 4.6 56.9 7.1141 50.7947
46.49.      0.329 0.0 0.0 4.78 17.945
46.50.      0.0 14.95 64.0 4.78 17.945
46.51.      1.0 0.0 0.0 4.78 17.945
52. C <CARD G1> KVELO JUMAX JLMAX IHTC KBFLG NCMAX NATIP
52.53.      1 2 4 3 0 0 0
    
```

Formatted: Font: Bold

Formatted: Normal, No bullets or numbering

Formatted: Bullets and Numbering

Formatted: Indent: Left: 0,75 cm, Space After: 0 pt

Formatted: Space After: 0 pt

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted Table

Formatted: Bullets and Numbering

Formatted: Bullets and Numbering

Formatted: Bullets and Numbering

Formatted: Bullets and Numbering

Formatted: Font: (Default) Times New Roman, Spanish (Argentina)

Formatted: Font: (Default) Times New Roman

Formatted: Bullets and Numbering

Formatted: Bullets and Numbering

Formatted: Bullets and Numbering

Formatted: Indent: First line: 0,63 cm, Right: 0,63 cm

Formatted: Font: Arial Narrow, 10 pt

```
52-54. C <CARD G4> ((JM5H(NN,NNP,JJ,KK),NNP=1,NPMA5),KK=1,KMA5)
55.      1
55-56.  2
55-57.  3
55-58.  4
55-59.  5
55-60.  6
61.    C <CARD G6> IDBG
62.    00000 00000 00000 00000 00000 00000
62-63.  00000 00000 00000 00000 00000 00000
```

Formatted: Swedish (Sweden)

Formatted: Bullets and Numbering

Formatted: Bullets and Numbering

Penjelasan mengenai kode dalam program disajikan dalam lampiran 2.

Formatted: Swedish (Sweden)

Formatted: Space Before: 6 pt, After: 6 pt

b. Menjalankan program (Running):



Formatted: Font: 8 pt

Formatted: Font: 8 pt

Formatted: Font: 8 pt

c. Data-data hasil eksekusi program:

```
0          *** PRIMARY COOLANT ***
REACTOR INLET TEMPERATURE = 40.50 C
REACTOR OUTLET TEMPERATURE = 50.58 C
PRIMRY TEMPERATURE DIFFERENCE= 10.08 C
PRIMARY COOLANT FLOW RATE = 712.00 KG/S
0          *** REACTOR CORE ****
REACTOR THERMAL POWER = 30.00 MW
AREA OF TOTAL FUEL CHANNELS = 1642.96 CM2

NUMBER OF FUEL ELEMENTS = 45.7 ELEMNTS

AVERAGE HEAT GENERATION = 1537.07 (W/CM3)
AVERAGE MASS FLUX = 3770.266 (KG/M2 SEC)

-----
AVERAGE CHANNEL TEMPERATURE DISTRIBUTION
-----
FLOW CHANNEL AREA = 35.94 CM2
NUMBER OF FUEL PLATES
Eleme= 21.0

-----TEMPERATURE DISTRIBUTION-----
| J      COOLANT CLADDING CLADDING F. MEAT FUEL MEAT |
|      (DEG.C) SURFACE  INNER    OUTER  MAXIMUM |
|      (DEG.C) (DEG.C) (DEG.C) (DEG.C) (DEG.C) |
| 1      40.50  40.50   40.50   40.50   40.50 |
| 2      40.71  50.14   50.46   50.46   50.69 |
| 3      41.34  59.45   60.07   60.07   60.52 |
| 4      42.33  67.74   68.62   68.62   69.25 |
| 5      43.62  74.41   75.49   75.49   76.26 |
| 6      45.12  79.03   80.23   80.23   81.09 |
```

Formatted: Indent: First line: 0,63 cm, Right: 0,63 cm

Formatted: Font: Arial Narrow, 10 pt

7	46.73	81.35	82.59	82.59	83.48
8	48.35	81.30	82.50	82.50	83.36
9	49.85	78.99	80.06	80.06	80.83
10	51.14	74.72	75.60	75.60	76.23
11	52.13	68.69	69.31	69.31	69.76
12	52.75	61.29	61.61	61.61	61.84
13	52.96	52.97	52.97	52.97	52.97

** HOT CHANNEL FACTORS (EXCEPT FZ) **

F(COOLANT)= 1.000 F(FILM)= 1.000 F(CLAD)= 1.000 F(BOND)= 1.000 F(MEAT)= 1.000

HEAT TRANSFER CONDITION						
J	FZ	TRANSFER	HEAT FLUX		HEAT	
		COEFFICIENT (W/CM2.C)	IN PLATE SURFACE (W/CM2)	(KC/M2.HR)	XAA (CM)	GENERATION (W/CM3)
1	0.000	1.9338	0.004	0.35678E+02	0.027	0.154
2	0.440	1.9371	18.260	0.15698E+06	0.027	676.311
3	0.850	1.9469	35.276	0.30326E+06	0.027	1306.510
4	1.202	1.9627	49.888	0.42888E+06	0.027	1847.713
5	1.472	1.9840	61.098	0.52524E+06	0.027	2262.876
6	1.642	2.0095	68.149	0.58586E+06	0.027	2524.024
7	1.700	2.0381	70.556	0.60655E+06	0.027	2613.175
8	1.642	2.0678	68.149	0.58586E+06	0.027	2524.024
9	1.472	2.0967	61.098	0.52524E+06	0.027	2262.876
10	1.202	-2.1157	49.888	0.42888E+06	0.027	1847.713
11	0.850	-2.1299	35.276	0.30326E+06	0.027	1306.510
12	0.440	-2.1390	18.260	0.15698E+06	0.027	676.311
13	0.000	-2.1421	0.004	0.35678E+02	0.027	0.154

1 COOLOD-RSG THERMAL HYDRAULIC CALCULATION CASE = (IA- 1 JA- 1)
-CALCULATION DATE 2009- 9-17 PAGE 4

Eleme (elemen bakar standar)

CHANNEL DIMENSION = 6.710 * 0.255 (CM)
CHANNEL VELOCITY = 383.74 (CM/SEC)

TEMPERATURE DISTRIBUTION					
J	COOLANT (DEG.C)	CLADDING	CLADDING	F. MEAT	FUEL MEAT
		SURFACE (DEG.C)	INNER (DEG.C)	OUTER (DEG.C)	MAXIMUM (DEG.C)
1	40.50	40.51	40.51	40.51	40.51
2	41.17	70.66	71.67	71.67	72.39
3	43.12	99.19	101.13	101.13	102.53
4	46.23	123.44	126.19	126.19	128.17
5	50.29	134.51	137.89	137.89	140.31
6	55.00	138.48	142.25	142.25	144.95
7	60.06	139.79	143.69	143.69	146.49
8	65.12	139.44	143.20	143.20	145.90
9	69.83	137.30	140.68	140.68	143.10
10	-73.87	132.57	135.32	135.32	137.30
11	-76.97	121.01	122.96	122.96	124.35
12	-78.92	101.44	102.45	102.45	103.17
13	-79.59	79.59	79.59	79.59	79.59

Formatted: Numbered + Level: 1 +
Numbering Style: 1, 2, 3, ... + Start at:
1 + Alignment: Left + Aligned at: 0,63
cm + Indent at: 2,43 cm

Formatted: Indent: Left: 2,43 cm

Formatted: Indent: First line: 0,63
cm, Right: 0,63 cm

Formatted: Font: Arial Narrow, 10 pt

Formatted: Swedish (Sweden)

** HOT CHANNEL FACTORS (EXCEPT FZ) **
F(COOLANT)= 3.140 F(FILM)= 3.140 F(CLAD)= 3.140 F(BOND)= 3.140 F(MEAT)= 3.140

HEAT TRANSFER CONDITION						
J	FZ	TRANSFER COEFFICIENT (W/CM2.C)	HEAT FLUX IN PLATE SURFACE (W/CM2)	HEAT FLUX (KC/M2.HR)	HEAT XAA (CM)	HEAT GENERATION (W/CM3)
1	0.000	1.9338	0.013	0.11203E+03	0.027	0.483
2	0.440	1.9442	57.338	0.49292E+06	0.027	2123.618
3	0.850	1.9758	110.766	0.95223E+06	0.027	4102.443
4	1.202	2.0291	156.649	0.13467E+07	0.027	5801.820
5	1.472	2.2778	191.847	0.16493E+07	0.027	7105.432
6	1.642	2.5633	213.987	0.18396E+07	0.027	7925.437
7	1.700	2.7787	221.545	0.19046E+07	0.027	8205.369
8	1.642	2.8794	213.987	0.18396E+07	0.027	7925.437
9	1.472	2.8433	191.847	0.16493E+07	0.027	7105.432
10	-1.202	2.6689	156.649	0.13467E+07	0.027	5801.820
11	-0.850	2.5156	110.766	0.95223E+06	0.027	4102.443
12	-0.440	2.5463	57.338	0.49292E+06	0.027	2123.618
13	-0.000	2.5571	0.013	0.11203E+03	0.027	0.483

1 COOLOD-RSG THERMAL HYDRAULIC CALCULATION CASE = (IA- 1 JA- 1)
CALCULATION DATE 2009- 9-17 PAGE 5

Formatted: Numbered + Level: 1 + Numbering Style: 1, 2, 3, ... + Start at: 1 + Alignment: Left + Aligned at: 0,63 cm + Indent at: 1,27 cm

Formatted: Indent: Left: 1,27 cm

Eleme (PRESSURE ,ONB & DNB CONDITION)

Formatted: Font: 7 pt

	ATZ	LOSS	LOSS	VELOCITY	TSAT	TONB	TCLAD	DTONB	-CLAD	QONB	-QDNB	_DNBR	DNB	ID
	(kg/cm2A)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(cm/sec)	(C)	(C)	(C)	(C)						
INLET PLENUM	-2.036			0.00										
STRETCH(1) INLET	-1.981	0.01830	0.01830	268.89										
STRETCH(1) OUT	1.981	0.00000	0.01830	268.89										
STRETCH(2) INLET	-1.981	0.00000	0.01830	268.89										
STRETCH(2) OUT	-1.986	0.00037	0.01867	268.89										
PLATE ENTRANCE	1.938	0.01069	0.02936	380.03										
FUEL PLATE ZONE 1	1.935	0.00443	0.03379	380.03	118.58	131.21	40.51	90.70	0.01	175.34	705.62*****	3.0		
FUEL PLATE ZONE 2	1.923	0.01771	0.05150	380.14	118.37	131.02	70.66	60.36	57.34	174.61	701.05	12.23	3.0	
FUEL PLATE ZONE 3	1.910	0.01766	0.06910	380.46	118.17	130.80	99.19	31.62	110.77	173.14	690.38	6.23	3.0	
FUEL PLATE ZONE 4	1.897	0.01758	0.08648	380.96	117.96	130.56	123.44	7.13	156.65	171.03	674.24	4.30	3.0	
FUEL PLATE ZONE 5	1.885	0.01746	0.10358	381.62	117.76	130.31	134.51	-4.21	191.85	168.27	653.65	3.41	3.0	
FUEL PLATE ZONE 6	1.873	0.01734	0.12037	382.52	117.57	129.95	138.48	-8.53	213.99	162.79	629.94	2.94	3.0	
FUEL PLATE ZONE 7	1.862	0.01720	0.13685	383.48	117.37	129.57	139.79	-10.22	221.54	156.60	604.63	2.73	3.0	
FUEL PLATE ZONE 8	1.850	0.01712	0.15350	384.55	117.18	129.14	139.44	-10.30	213.99	149.18	579.30	2.71	3.0	
FUEL PLATE ZONE 9	1.838	0.01705	0.17001	385.55	116.98	128.69	137.30	-8.61	191.85	141.83	555.62	2.90	3.0	
FUEL PLATE ZONE 10	-1.827	0.01699	0.18651	386.51	116.79	128.23	132.57	-4.34	156.65	134.15	535.11	3.42	3.0	
FUEL PLATE ZONE 11	-1.815	0.01694	0.20302	387.24	116.59	127.81	121.01	6.80	110.77	127.81	519.05	4.69	3.0	
FUEL PLATE ZONE 12	-1.804	0.01691	0.21962	387.71	116.39	127.47	101.44	26.03	57.34	123.55	508.45	8.87	3.0	
FUEL PLATE ZONE 13	-1.792	0.01690	0.23641	387.87	116.18	127.22	79.59	47.63	0.01	121.75	503.91*****	3.0		
WORST CONDITION	-1.789				-116.13	127.17			221.54	121.63	503.91	2.27	3.0	
PLATE EXIT	-1.789	0.00423	0.24063	387.87										
STRETCH(3) INLET	-1.820	0.00638	0.24701	274.44										
STRETCH(3) OUT	-1.824	0.00031	0.24733	274.44										
STRETCH(4) INLET	-1.562	0.00000	0.24733	776.82										
STRETCH(4) OUT	-1.562	0.00000	0.24733	776.82										
STRETCH(5) INLET	-1.464	0.09846	0.34579	776.82										

Formatted: Font: 7 pt, Spanish (Argentina)

Formatted: Font: 7 pt

Formatted: Indent: First line: 0,63 cm, Right: 0,63 cm

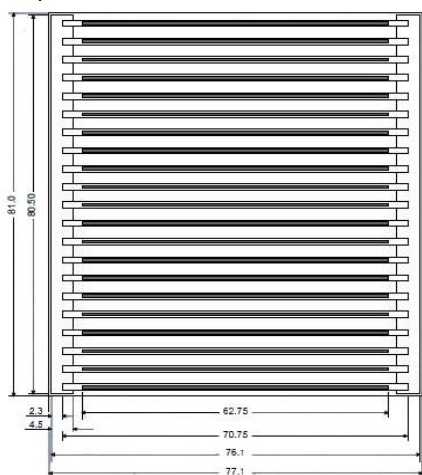
Formatted: Font: Arial Narrow, 10 pt

```

|STRETCH(5) OUT -1.467 0.01089 0.35668 776.82
|STRETCH(6) INLET -1.467 0.00000 0.35668 776.82
|STRETCH(6) OUT -1.467 0.00000 0.35668 776.82
|OUTLET PLENUM -1.467 0.29927 0.65596 0.00
|
----- DNBID=1 LABUNTISOV WITH ZERO SUBCOOLING ---- DNBID=2 MIRSHAK , DURANT & TOWEL ---- DNBID=3
BERNATH CORRELATION ----
    
```

E. PEMBAHASAN

Data masukan code telah disederhanakan yakni INFORM 1, IAMAX 1 sehingga QRR juga diisi dengan hanya daya nominal 30 MW. Pembagian segmen arah z (aksial) pada JMAX adalah 13, data ini dapat diubah lebih halus misal dengan 21, dst dan bagian CARD F4 juga harus mendapat data FZ yang sesuai. Data pada FZ dimasukkan berdasar hitungan sinusoidal. Data desain yang harus secara cermat dihitung juga terdapat pada bagian mekanis atau dimensi dari pelat EB dan teras yaitu data pada CARD F6 dan CARD F75. Data mekanis pelat EB RSG-GAS ditunjukkan pada Gambar 3.

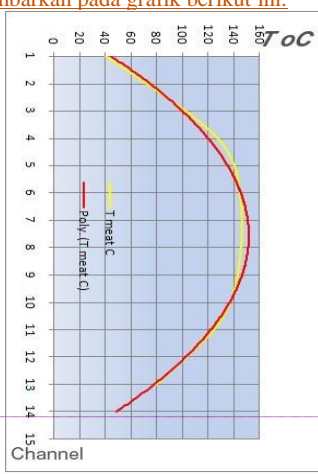


Gambar 3. Elemen Bakar RSG-GAS (21 plat)

Beberapa hasil yang sama atau mendekati yang diperoleh dengan code Coolod, diantaranya: selisih kenaikan suhu, kerapatan fluks daya, jumlah aliran massa, temperature permukaan pelat EB, dst. Sedangkan data parameter yang masih berbeda terdapat pada temperatur maksimum pelat EB dan nilai safety margin reaktor. Hasil perhitungan code yang diperbandingkan dengan data SAR RSG-GAS rev.7 selengkapnya disajikan dalam tabel berikut ini.

Nilai eta dari running code sebenarnya dapat pula ditampilkan dengan mengubah masukan pada CARD G1, yaitu IHTC diganti dengan masukan 4. Sedangkan DNBR yang diperoleh dapat diambil dari tabel data keluaran code bagian terakhir, yaitu nilai terkeci pada kolom DNBR. —DNBR diperoleh sebesar 2,71.

Sedangkan distribusi suhu hasil code dapat digambarkan pada grafik berikut ini.



Gambar 4. Distribusi suhu pada meat EB hasil Coolod-N

Formatted: Indent: Left: 0 cm

Formatted: Space After: 0 pt

Formatted: Font: Italic, Swedish (Sweden)

Formatted: Swedish (Sweden)

Formatted: Swedish (Sweden)

Formatted: Centered

Formatted: Swedish (Sweden)

Formatted: Spanish (Argentina)

Formatted: Centered, Space After: 0 pt

Formatted: Indent: First line: 0,63 cm, Right: 0,63 cm

Formatted: Font: Arial Narrow, 10 pt

Tabel 2. Perbandingan parameter thermohidrolika hasil Coolod-N terhadap data SAR Rev.7

HASIL COOLOD-N	SAR REV. 7
<p>*** Primary Coolant *** Reactor Inlet Temperature = 40.50 C Reactor Outlet Temperature = 50.58 C Primry Temperature Difference= 10.08 C Primary Coolant Flow Rate Eff = 712.00 kg/s *** Reactor Core **** Reactor Thermal Power = 30.00 MW Area Of Total Fuel Channels = 1642.96 cm²</p> <p>elemen bakar standar = 45.7 (ELEMNTS) Average Heat Generation = 1537.07 (W/cm³) Average Mass Flux = 3762.646 (kg/m² sec)</p>	<p>Coolant temp & flow Nominal inlet temperature = 40.5 C Average temp. at core outlet = 50,5 Average temp. rise across core = 10.0 K Eff flow rate fuel plate cooling = 618 kg/s</p> <p>Reactor core heat output = 30 MW Eff flow area for heat transfer = 0,1643 m²</p> <p>Average power density = 1537 W/cm³ Average mass velocity in core = 3761 kg/m² s</p>
<p>Channel velocity = 384.55 cm/sec Temp distr cladding surface = 144.27 C Temp distr fuel meat maks = 146.5 C Heat trans cond, heat generation = 8205.369 W/cm³ Heat flux in plate surface = 221.545 W/cm²</p>	<p>Average coolant v along fuel plates = 3.7 m/s Max plate surface temp = 145 C Max central fuel temp at rated power = 175 C Max power density = 8210 W/cm³ Max heat flux for normal operation = 221.7e+4 W/m²</p>
<p>Hasil perhitungan: $n = \frac{[T_{i,s}(z) - T_{i,c}(z)] / (q''(z) V(z))}{\frac{[117,37 - 70,556]}{221,545} - 383,48}$ $n = 81,03$ $S = \frac{n}{n_c}$ $S = \frac{81,03}{22,1}$ $S = 3,67$</p>	<p>Min safety margin at rate power = 3.38</p>

Formatted: Swedish (Sweden)

Formatted: Space After: 0 pt

Formatted: Space After: 0 pt

Formatted

Formatted Table

Formatted: Font: (Default) Arial Narrow, 10 pt, Italic, Lowered by 5 pt

Formatted: Font: Italic

Formatted: Font: Italic

Formatted: Font: 10 pt

Formatted: Font: 10 pt

Formatted: Font: 10 pt

Formatted: Font: 10 pt

Formatted: Font: 10 pt

Formatted: Font: 10 pt

Formatted: Font: 10 pt

Formatted: Indent: First line: 0,63 cm, Right: 0,63 cm

Formatted: Font: Arial Narrow, 10 pt

KESIMPULAN

COOLOD-N digunakan untuk perhitungan distribusi suhu arah radial dan arah aksial pada elemen bakar dalam teras reactor. RSG-GAS dengan EB berbentuk pelat-pelat U3O8-Al (awal operasi) dan teras reactor bentuk persegi dengan desain laju alir 860 kg/s, setelah dihitung dengan Coolod-N yang dikhususkan untuk RSG-GAS dengan daya nominal 30 MW maka distribusi suhu maksimum (hotspot channal) terdapat pada segmen ke-7 yaitu 146,5 C. Nilai ini masih jauh di bawah batas keselamatan yang didesain pada SAR Rev. 7. Akan tetapi safety margin yang dihasilkan masih berada di atasnya yakni $S = 3,67$. Beberapa parameter lainnya yang masih memberikan nilai berbeda atau mendekati akan kami analisis

pada kajian berikutnya. Hasil ini telah menunjukkan bahwa Coolod-N bisa diterapkan untuk RSG-GAS dan verifikasi dapat dilakukan oleh personil PRSG secara mandiri sebagai alih kemampuan para pengendali keselamatan reaktor.

PUSTAKA

1. Muh. Darwis Isnaeni, Program Komputer (code) Coolod-N untuk Analisis Termohidrolika Kondisi Tunak pada Reaktor Riset Berbahan Bakar tipe pelat, Coaching Keselamatan Operasi RSG-GAS, PRSG, April, 2009.

1.2. *....., Anonim, SAR RSG-GAS Rev. 7, PRSG, 1989.*

Formatted: Left: 4,5 cm, Right: 3 cm, Top: 3,5 cm, Bottom: 6,5 cm, Header distance from edge: 1,7 cm, Footer distance from edge: 5,3 cm

Formatted: Space After: 0 pt

Formatted: Font: Italic, Swedish (Sweden)

Formatted: Bullets and Numbering

Formatted: Swedish (Sweden)

Formatted: Indent: First line: 0,63 cm, Right: 0,63 cm

Formatted: Font: Arial Narrow, 10 pt

Lampiran 1:

- (1) Aliran konveksi paksa, satu fasa digunakan korelasi Dittus – Boelter.

$$Nu = 0,023 Re_b^{0,8} Pr_b^{0,4}$$

untuk aliran turbulen ($Re \geq 2500$)

di mana :

Nu : Bilangan Nusselt = $h D_e / k$

Re : Bilangan Reynolds = $D_e V \rho / \mu$

Pr : Bilangan Prandtl = $c_p \mu / k$

De : Diameter hidraulik ekuivalen, m

V : Kecepatan pendingin, m/det

μ : Viskositas dinamik, kg/ m det

ρ : Densitas pendingin, kg/ m³

- (2) Fluks panas pada awal pendidihan, suhu ONB (*Onset of Nucleate Boiling*) digunakan korelasi Bergles-Rohsenow:

$$q'' = 911 P^{1,156} \left[\frac{9}{5} (T_{1,ONB} - T_{1,S}) \right]^{\frac{1}{4}} \left(\frac{P}{2,16/0,0234} \right)$$

di mana :

q'' : Fluks panas saat ONB

P : Tekanan pendingin pada titik 'Z'

T_S : Suhu saturasi, Oc

- (3) Fluks panas subcooled nucleate boiling:

$$q'' = 0,023 [Re]^{0,8} [Pr]^{0,4} \frac{k}{De} (T_{1,W} - T_{1,l}) +$$

$$S \cdot 7,228 (k_f^{0,79} [Cp]^{0,45} \gamma_f^{0,49} (P_{1,W} - P)^{0,75}) / (\sigma^{0,5} \mu_f^{0,2})$$

- (4) Fluks panas pada saturation nucleate boiling:

$$q'' = F \cdot 0,023 \left[\frac{Re}{f} (1-x) \right]^{0,8} [Pr]^{0,4} \frac{k}{De} (T_{1,W} - T_{1,S}) +$$

$$S \cdot 7,228 (k_f^{0,79} [Cp]^{0,45} \gamma_f^{0,49} (T_{1,W} - T_{1,S})^{\frac{1}{4}})$$

- (5) Fluks panas pada akhir pendidihan inti DNB

$$q_{1,DNB,1} (G^*) = 0,005 |G^*|^{\frac{1}{0,611}}$$

$$q_{1,DNB,2} (G^*) = \frac{C(A/A_1 H)}{C((\sqrt{h_{1,i}})/h_{1,f} g))} |G^*|$$

$$q_{1,DNB,3} (G^*) = 0,7 \left(\frac{A}{A_1 H} \right) \left\{ \left[\frac{W}{(\gamma_{1,l}/\sigma)} \right]^{\frac{1}{0,5}} \right\}^{\frac{1}{0,5}} \left[\frac{1 +}{(\gamma_{1,g}/\gamma_{1,l})} \right]^{\frac{1}{0,25}} \right\}^{\frac{1}{2}}$$

- (6) Koefisien kehilangan gesekan untuk aliran turbulen ($Re > 2500$), dapat dipilih korelasi berikut :

- Korelasi Blasius
- Korelasi Kärman-Nikuradse

Formatted: Swedish (Sweden)

Formatted: Left, Space After: 10 pt, Line spacing: Multiple 1,15 li

Formatted: Font: (Default) Calibri, 11 pt

Formatted: Normal, Left, Indent: Left: 0 cm

Formatted: Swedish (Sweden)

Formatted: Font: 10 pt

Formatted: Swedish (Sweden)

Field Code Changed

Formatted: Swedish (Sweden)

Formatted: Swedish (Sweden)

Formatted: Swedish (Sweden)

Formatted: Swedish (Sweden)

Formatted: Bullets and Numbering

Formatted: Font: (Default) Arial Narrow

Formatted: Numbered + Level: 1 + Numbering Style: 1, 2, 3, ... + Start at: 1 + Alignment: Left + Aligned at: 0 cm + Indent at: 0,63 cm

Formatted: Font: 10 pt

Formatted: Swedish (Sweden)

Formatted: Indent: First line: 0,63 cm

Formatted: Left

Field Code Changed

Formatted: Font: 10 pt

Formatted: Left, Indent: Left: 0,63 cm

Field Code Changed

Formatted: Spanish (Argentina)

Formatted: Font: 10 pt

Formatted: Indent: Left: 0 cm, First line: 0,63 cm

Formatted: Font: 10 pt

Formatted: Indent: First line: 0,63 cm, Space After: 0 pt

Formatted: Indent: Left: 2,54 cm, First line: 1,27 cm, Space After: 0 pt

Formatted: Space After: 0 pt

Formatted: Indent: First line: 0,63 cm, Right: 0,63 cm

Formatted: Font: Arial Narrow, 10 pt

- Korelasi Cole-Brook

- (7) Pemodelan perhitungan penurunan tekanan (pressure drop), dihitung menggunakan teorema Bernoulli, sebagai berikut.

$$P_{n,1} = P_{n-1,2} + \frac{1}{2g} (\bar{v}_{n-1} \cdot V_{n-1}^2 - \bar{v}_n \cdot V_n^2 - \gamma_n \cdot \kappa_n \cdot \bar{v}_{n+1}^2)$$

$$P_{n,2} = P_{n,1} + \bar{v}_n \left(L \cdot \Delta Z_n - F_n \cdot \frac{\Delta Z_n}{D_{en}} \cdot \frac{\bar{v}_n^2}{2g} \right)$$

- (8) Model Penentuan batas keselamatan terhadap ketidak-stabilan aliran, digunakan persamaan :

$$S = \frac{n}{n_c} \quad \text{dimana, } n = \frac{[(T_s(z) - T_c(z)) / (q''(z))] V(z)}{}$$

T_s : suhu saturasi, C T_c : suhu bulk pendingin, C

V : kecepatan pendingin, cm/det

q'' : fluks panas, W/cm²

z : jarak dari kanal masukan pendingin, cm

η_c : parameter pelepasan gelembung kritis, yang besarnya ditetapkan 22,1 cm³ K/J.

Formatted: Swedish (Sweden)

Formatted: Font: 10 pt

Formatted: Indent: First line: 0,63 cm

Formatted: Font: 10 pt

Formatted: Font: 10 pt

Field Code Changed

Formatted: Font: 10 pt

Field Code Changed

Formatted: Swedish (Sweden)

Formatted: Indent: First line: 0,63 cm, Right: 0,63 cm

Formatted: Font: Arial Narrow, 10 pt

Lampiran 2:

Input data information for COOLOD-N2

_____TITL : Title for the calculation
_____INFORM : Index for input data format (I)
_____IAMAX : Number of calculation cases (I) (1=<IAMAX<=10)
_____IMAX : Number of calculation points in fuel meat radial direction (I)
_____JMAX : Number of calculation points for fuel plate axial direction (I)
_____NMAX : Number of different fuel elements in the core (I) (1=<NMAX<=5)
_____NPLOT : Plot option of calculation results (I)
_____IDMAX : Number of division in cladding region <CARD C> Thermal-hydraulic parameter (Free format)
_____QRR : Reactor thermal power (MW) (R)
_____PFLOW : Primary coolant flow rate or average coolant velocity in the core (R)
_____TIN : If KEY(1)=1 then the Primary coolant core inlet temperature (°C) (R)
_____DT : Increment of inlet temperature "TIN" (°C) (R)
_____JAMX : Number of calculation cases for "DT" (I) (Normally : =1)
_____H₁, H₂, H₃, A, B, C, D, ITWC
_____ITWC : Standard temperature for property (I)
_____FRATE : FRATE = (Effective flow rate for fuel plates cooling) / (Primary coolant flow rate) (-) (R)
_____VIN : Coolant velocity in the inlet plenum (cm/s) (R)
_____VOUT : Coolant velocity in the outlet plenum (cm/s) (R)
_____PRESSIN : Core inlet pressure (kg/cm²abs) (R)
_____RAMF : Index for straight pipe friction loss for turbulent flow (R)
_____NPMX : Number of different fuel plates in this kind of fuel element (I) (Different cooling condition, different configuration) (1=<NPMX<=15)
_____NFUEL : Number of this kind of fuel elements in the core (R)
_____MA : Index for fuel meat material (I)
_____UDENST : Uranium density in meat (g/cm³) (R) (For U-Al and U-Al_x dispersion type fuel)
_____POROTY : Porosity (-) (R) (For U-Al_x dispersion type fuel)
_____IDPMX : Number of different configuration fuel plates in this kind of fuel element (I) (1=<IDPMX<=5) (Number of **CARD F6**)
_____IDCMX : Number of different configuration flow channels in this kind of fuel element (I) (1=<IDCMX<=5) (Number of **CARD F70**, **CRAD F74** or **CARD F76**)
_____EAREA : Effective flow area for this kind of fuel element (cm) (R)

Formatted: Swedish (Sweden)

Formatted: Font: (Default) Times New Roman, 10 pt

Formatted: Indent: Left: 1 cm, Hanging: 2,25 cm, Space After: 0 pt, Tab stops: 0,5 cm, Left + 3 cm, Left

Formatted: Font: (Default) Times New Roman, 10 pt

Formatted: Font: (Default) Times New Roman, 10 pt

Formatted: Font: (Default) Times New Roman, 10 pt

Formatted: Font: (Default) Times New Roman, 10 pt

Formatted: Font: (Default) Times New Roman, 10 pt

Formatted: Indent: First line: 0,63 cm, Right: 0,63 cm

Formatted: Font: Arial Narrow, 10 pt

FRATEN	: Flow rate distribution factor for this kind of fuel element (-) (R)
FRATEN	= (Flow rate of this kind of fuel element)/(Average flow rate of fuel element)
NUAL	: Number of data sets (I)
TUAL	: Temperature (°C) (R)
UAL	: Thermal conductivity of the fuel meat (W/cm K)
FR	: Radial peaking factor (F_R (radial) x F_F (uncertainty)) (R)
FCCOL	: Engineering peaking factor for bulk coolant temperature rise (R) (F_b)
FHFLX	: Engineering peaking sub-factor for heat flux (R) (This sub-factor is used in the calculation of DNBR)
FFILM	: Engineering peaking factor for film temperature rise (R) (F_f)
FCLAD	: Engineering peaking factor for clad temperature rise (R)
FBOND	: Engineering peaking factor for bond temperature rise (R)
FMEAT	: Engineering peaking factor for fuel meat temperature rise (R)
FZ	: Axial peaking factor (R)
DDZ	: Distance from point _i (M_i) to point _{i+1} (M_{i+1}) or a segment length (R)
ZET	: Resistance coefficient at point _i (M_i). (R) (Normally : = 0.0)
NPLATE	: Number of this kind of fuel plates in this kind of fuel element (R)
FLOCL	: Local peaking factor (R)
IDPL	: Identity number of fuel plate configuration (I) (See CARD F6)
KMX	: Index for cooling condition of fuel plate (I)
ICHL	: Identity number of channel configuration (I)
NHEAT	: Coolant condition (R)
FRATEC	: Flow rate distribution factor for this kind of channel (R)
XA	: Half thickness of fuel meat for plate-type fuel (cm) (R)
XB	: Distance between fuel meat center and clad inner surface for plate-type fuel
XC	: Distance between fuel meat center and clad outer surface for plate-type fuel (cm) (R) (Half thickness of fuel plate)
YA	: Width of fuel meat for plate-type fuel (cm) (R)
HA	: Distance between inlet of channel and top(bottom) of fuel meat (pellet) (cm) (R)
HB	: Length of fuel meat (fueled region) (cm) (R)
HC	: Distance between outlet of channel and bottom(top) of fuel meat (pellet) (cm) (R)
YCHI	: Gap(thickness) of coolant channel (cm) (R)
XCHI	: Width of coolant channel (cm) (R)
ZETA(1)	: Resistance coefficient of fuel element entrance (STRETCH(1)) (R)

Formatted: Font: (Default) Times New Roman, 10 pt

Formatted: Font: (Default) Times New Roman, 10 pt

Formatted: Indent: First line: 0,63 cm, Right: 0,63 cm

Formatted: Font: Arial Narrow, 10 pt

Formatted: Swedish (Sweden)

 DH(1) : Distance between fuel element entrance and fuel plate entrance (cm) (R)

Formatted: Indent: First line: 0,63 cm, Right: 0,63 cm

Formatted: Font: Arial Narrow, 10 pt