

PERPINDAHAN PANAS PADA TARGET FPM DI REAKTOR MPR-30

Hudi Hastowo  
Sukmento Dibyo

Badan Tenaga Atom Nasional

ABSTRAK

PERPINDAHAN PANAS PADA TARGET FPM DI REAKTOR MPR-30. Iradiasi target fpm di Fasilitas iradiasi IP akan membangkitkan sejumlah panas tambahan didalam teras. Panas ini berasal dari pembelahan U-235 dan panas dari tabung target itu sendiri. Keselamatan target dan teras reaktor sangat tergantung pada perpindahan panas dari target ke pendingin teras. Telah dikerjakan analisis perpindahan panas dengan paket program COBRA IV untuk sejumlah target di dalam fasilitas iradiasi dan berbagai kondisi yang dapat terjadi. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pada kondisi terjelek ternyata suhu permukaan tabung target masih dibawah suhu pendidihan.

ABSTRACT

HEAT TRANSFER AT FPM TARGET IN MPR-30 REACTOR. Irradiation of the FPM target in the irradiation position will generate some amount of additional heat within the reactor core. This heat are generated from fission of U-235 and heating of the target tube itself. Safety of the FPM target and reactor core depends on the heat transfer process from its target to the reactor, coolant. Heat transfer analysis has been done using COBRA IV package program for several targets within irradiation position under several conditions which may happen. The conclusion is even under worst case condition, the surface temperature of the target tube is below boiling temperature.

PENDAHULUAN

Salah satu penggunaan reaktor MPR-30 yang cukup penting adalah iradiasi bahan untuk pembuatan radioisotop. Ada berbagai jenis radioisotop yang direncanakan akan dibuat dengan menggunakan reaktor MPR-30, diantaranya adalah radioisotop Fission Product Molybdenum (FPM).

Untuk pembuatan FPM dilakukan iradiasi target berupa U-235 perkayaan tinggi (93,3%) sebanyak 1,5 gram yang dilapiskan ("coating") pada permukaan dalam suatu tabung baja yang tertutup rapat. Agar supaya target dapat berada secara tepat pada tempatnya di dalam teras, diperlukan suatu stringer yang dapat memuat 4 buah target. Stringer ini diletakkan pada posisi iradiasi IP di dalam teras.

Selama target di iradiasi akan timbul panas baik yang berasal dari hasil belahan maupun pemanasan (gamma heating). Panas ini

harus dipindahkan ke air pendingin yang melewati target dan stringer. Perpindahan panas yang terjadi di target akan sangat penting artinya untuk keselamatan target itu sendiri maupun teras reaktor, mengingat kerusakan struktur tabung target akan mengakibatkan terlepasnya hasil belahan yang terdapat di dalamnya. Untuk itu dilakukan suatu analisis perpindahan panas pada target selama iradiasi.

Untuk keperluan ini dibuat suatu model perpindahan panas yang terjadi pada target dan kemudian dihitung dengan menggunakan program komputer COBRA-IV. Perhitungan ini dilakukan dengan suatu asumsi yang konservatif yaitu dianggap bahwa jumlah target yang di iradiasi sekaligus sebanyak 4 buah dan masing-masing akan menempati posisi paling jelek pada stringernya.

## MODEL PERHITUNGAN

## 2.1. Deskripsi target dan stringer

Bentuk fisik target FFM secara detail dapat ditunjukkan pada gambar 1. Tabung target dibuat dari baja jenis S-104 dengan ukuran 1,25 inci dan panjang 18 inci. Target ini mempunyai berat sebesar 300 gr sedangkan tutup bawah dan atas terbuat dari material sejenis dengan berat masing-masing 120 gram dan 80 gram.

Uranium 235 di dalam target dilapiskan secara merata pada bagian dalam tabung sehingga diperoleh ketebalan yang seragam.

Sebelum dilakukan iradiasi ketebalan dan keseragaman lapisan U-235 diukur. Hanya uranium dengan ketebalan seragam yang diijinkan untuk diiradiasi supaya tidak terjadi timbulnya panas yang berlebihan pada titik tertentu. Selain tes keseragaman lapisan U-235, dilakukan pula tes kebocoran tabung sehingga dijamin bahwa tidak terjadi kebocoran gas hasil fisi selama iradiasi berlangsung.

Bentuk stringer FFM dapat dilihat seperti gambar 2.

## 2.2. Distribusi sumber panas pada target.

Distribusi fluks panas pada target yang berasal dari proses pembelahan dihitung dengan asumsi sebagai berikut :

- Panas total yang berasal dari pembelahan dihitung dengan menggunakan paket program komputer ORIGEN 2.

Dengan asumsi bahwa fluks neutron di dalam teras sebesar :  $14 \times 10^6$  n/cm dt.,

$$2 \times 10^6 \text{ n/cm dt.},$$

waktu iradiasi 480 jam, maka panas yang timbul sebesar 13 Kw.

- Target terletak pada posisi tengah-tengah dari distribusi fluks neutron aksial (gambar 3).

- Distribusi fluks panas aksial dari pembelahan dianggap mengikuti distribusi fluks neutron tersebut diatas.

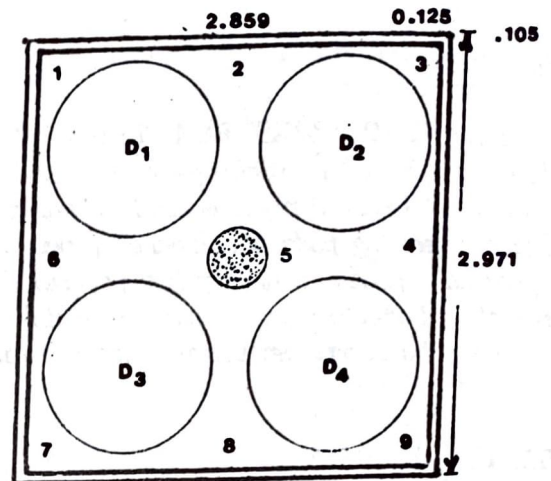
Fluks panas yang berasal dari panas-gamma pada target dihitung dengan menggunakan asumsi bahwa rapat panas gamma di tempat ini seragam sebesar 14/watt/gram Al atau sebesar 39 watt/gram SS. Distribusi fluks panas ditimbulkan karena adanya distribusi berat tabung sepanjang arah aksial (adanya tutup pada kedua ujung tabung). Distribusi fluks panas total pada target dapat dilihat pada gambar 4.

Panas yang timbul pada stringer dianggap timbul sepanjang tinggi bagian aktif teras dan seragam sepanjang sumbu aksial

Distribusi fluks panas arah aksial dapat ditunjukkan pada gambar 3.

## 2.3. Model pendekatan.

Untuk menghitung berbagai parameter subkanal maka kedudukan target dalam stringer digambarkan sebagai berikut :



Dianggap bahwa stringer terdiri dari 9 subkanal dengan luas tertentu. Dengan adanya keterbatasan yang dapat dicapai pada pembuatan kedudukan target pada stringer maka ada dua kemungkinan jenis sela (gap) antara target dari stringer yaitu : nominal gap dan worst gap. Dengan memperhatikan jenis gap yang ada dan jumlah target di dalam stringer dapat dihitung masing-masing parameter subkanal.

Untuk menghitung faktor gesekan pada kanal digunakan korelasi :

$$F.F = 0,316 \times (Re)^{-0,25}$$

Sedangkan koefisien transfer panas menggunakan korelasi :

$$h_{\text{film}} = K/D (0,023 \times Re^{0,8} \times Pr^{0,4} + 0,0)$$

dimana :

- Re = bilangan Reynold
- Pr = bilangan Prandtl
- K = konduktivitas panas
- D = Diameter ekuivalen

Distribusi aksial fluks panas pada target dihitung berdasar normalisasi sumber panas yang ada (dari pembelahan dan panas gamma) dan sepanjang target dibagi 18 bagian sama panjang.

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan data masukan sebagai berikut :

Panas fisi masing-masing target (kw)	= 15
Aliran pendingin yang melewati stringer (gpm)	= 150
Suhu air pendingin masuk ( F)	= 110
Delta tekanan sepanjang stringer (psia)	= 28,6

#### DISKRIPSI INPUT - OUTPUT COBRA IV

Paket program COBRA IV merupakan suatu pengembangan dari COBRA - IIIc. Paket program ini dapat digunakan untuk analisis subkanal yang menghitung distribusi aliran dan entalpi pada bundel elemen bakar dan teras reaktor baik dalam kondisi steady state maupun transient.

COBRA - IV merupakan paket program dua dimensi, diturunkan berdasarkan hukum kesetimbangan massa, tenaga dan momentum linear untuk satu komponen yang berada pada suatu campuran dua fasa. Persamaan keseimbangan di atas diselesaikan secara matematis dengan memperhatikan adanya batasan yang ada di dalam teras, misalnya adanya subkanal, gap, fuel, dan sebagainya.

#### 3.1. Input COBRA - IV

Input COBRA - IV yang digunakan pada perhitungan ini terdiri dari 12 kelompok yaitu :

1. Parameter dimensi
2. Input Option
3. Tabel sifat fluida/air untuk berbagai tekanan
4. Data korelasi faktor gesekan dari heat transfer yang digunakan
5. Korelasi perpindahan panas fase tunggal
6. Korelasi aliran 2 fase
7. Distribusi flux panas
8. Data subkanal
9. Data orientasi gap
10. Data spacer
11. Data Rod/target
12. Sifat termal target

#### 3.2. Output COBRA-IV

Output COBRA-IV terdiri dari : Delta tekanan, entalpi, suhu pendingin, debit pendingin, laju aliran pendingin dan fluks massa pada setiap titik aksial yang ditinjau untuk masing-masing subkanal.

Di samping itu diperoleh arah aliran pendingin antar kanal pada setiap titik aksial yang ditinjau.

Parameter target yang dihitung oleh paket program ini adalah :

Fluks panas, DNER, kanal kritis, koefisien perpindahan panas, suhu pendingin dan suhu tabung target pada tiap-tiap posisi aksial untuk masing-masing target.

Demikian pula halnya stringer, seluruh parameternya diketahui seperti halnya target.

#### HASIL PERHITUNGAN

Perhitungan dilakukan untuk kondisi target di dalam stringer sebagai berikut :

- a) 4 target dengan kondisi gap nominal
- b) 3 target dengan kondisi gap nominal
- c) 4 target dengan kondisi worst gap

Parameter yang paling penting dari hasil perhitungan di atas adalah :

	4T nom.gap	3T nom.gap	4T worst gap
-Suhu tertinggi target ( ° F)	204,1	189	204,9
-Posisi	bagian bawah target	puncak target	bag.bawah target
-Suhu tertinggi pendinginan ( ° F)	116,74	116	116,17
-Posisi	kanal No. 5 bagian bawah	kanal No. 1 bagian bawah	kanal No. 1 bagian bawah

Suhu pendingin (Tonb) dihitung dengan menggunakan korelasi Davis-Ander Correlation :

$$T_{onb} = T_{sat} + \left( \frac{8 \times \phi \times g'' \times T_{sat}^{1/2}}{\int g \times hfg + kf} \right)$$

hasil yang diperoleh sebesar : 259 F = 126 C

#### DISKUSI DAN KESIMPULAN

Dengan menggunakan paket program COBRA -IV dapat diketahui parameter target maupun pendingin pada semua posisi di dalam fasilitas iradiasi. Kenyataan ini sangat penting untuk diketahui dalam rangkaiannya dengan analisis keselamatan target dan teras reaktor sendiri. Suhu target paling tinggi terdapat pada ujung /tutup target, hal ini disebabkan tutup tersebut sangat masif dan berat sehingga "gamma heating" yang timbul di situ sangat besar. Meski

pun demikian suhu tersebut masih di bawah suhu pendidihan.

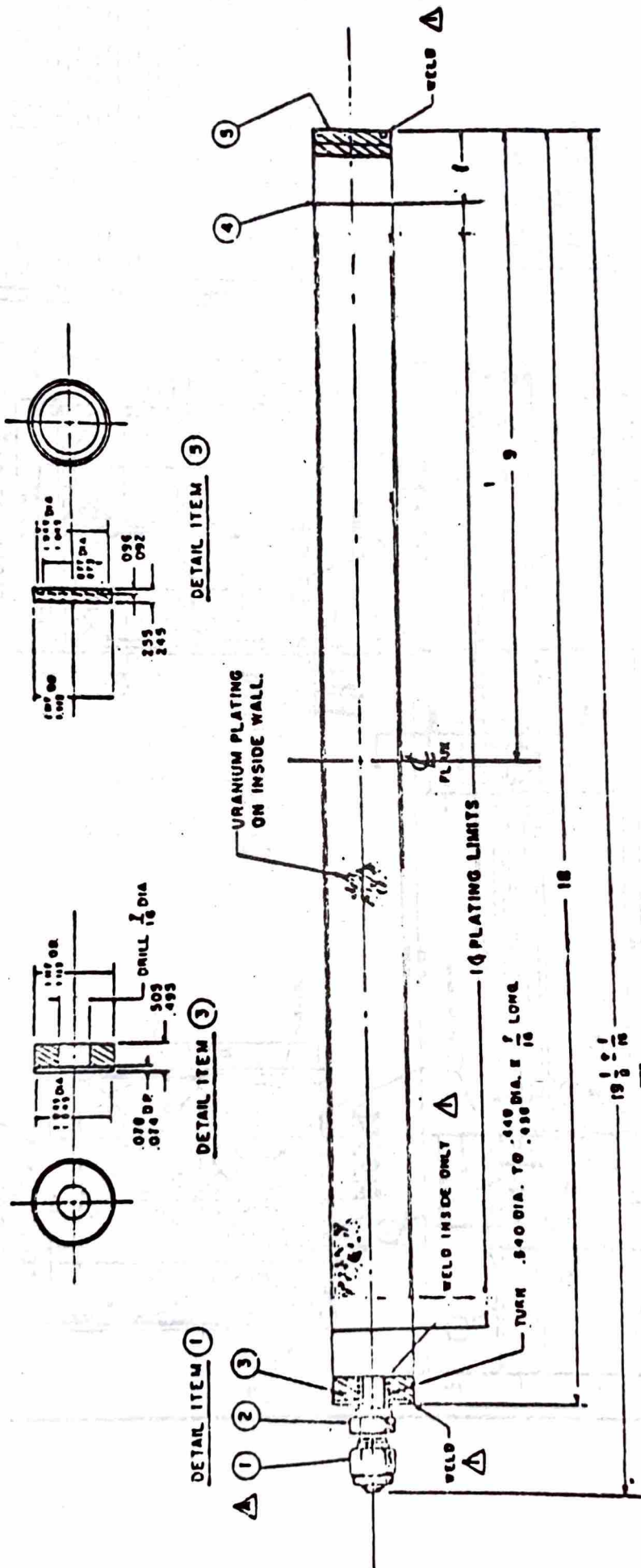
Keadaan yang paling jelek terjadi apabila hanya ada 3 target pada stringer, karena dalam keadaan ini akan terdapat kanal paling kecil dengan debit aliran minimum.

Dari hasil di atas maka iradiasi target FPM dalam reaktor MPR-30 akan aman ditinjau dari segi perpindahan panasnya, karena pada kenyataan nantinya, iradiasi di dalam reaktor MPR-30 hanya akan dilakukan untuk 1 target di tambah 3 dummy target (tabung kosong), sehingga panas total lebih kecil.

#### DAFTAR PUSTAKA

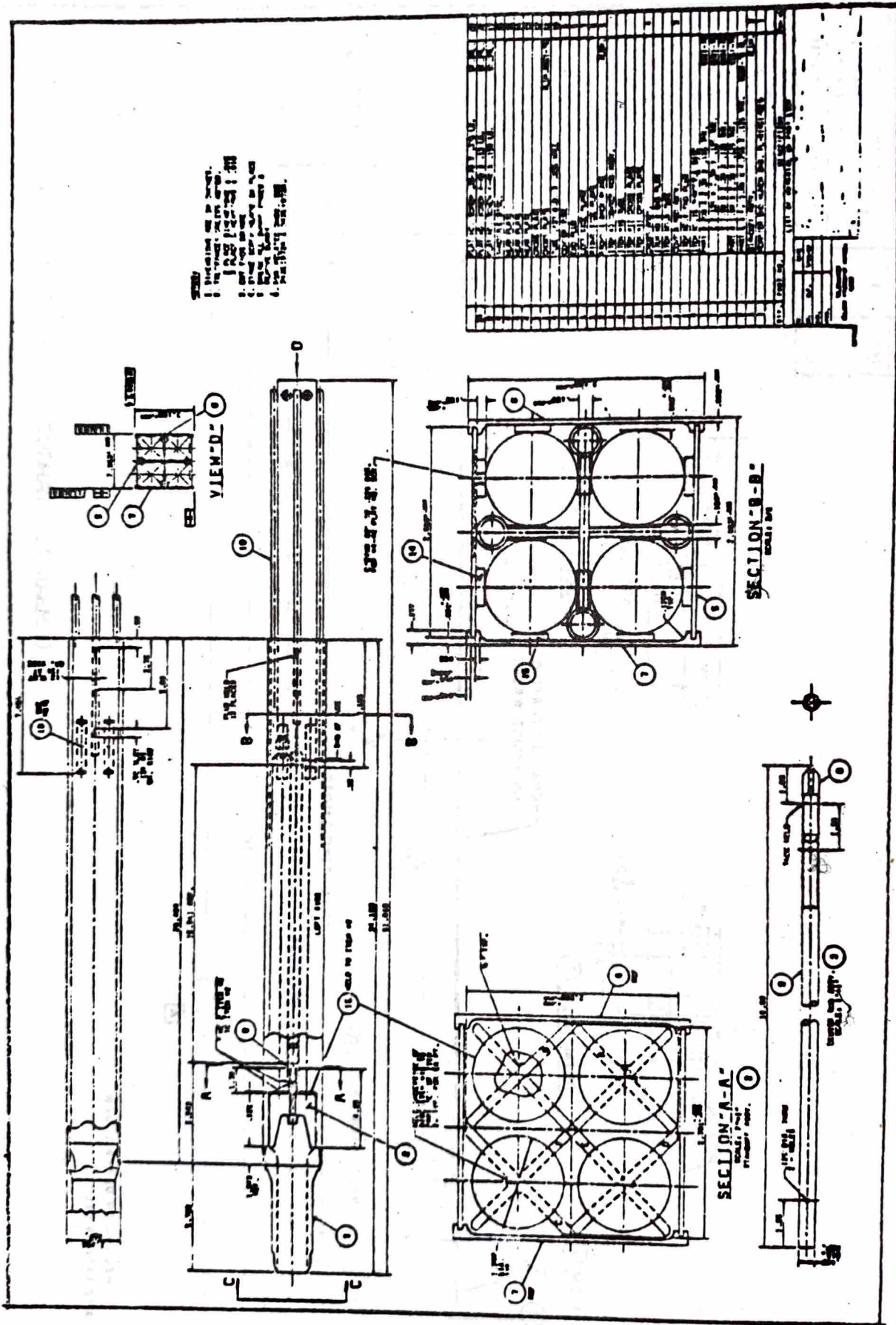
1. Manual Kursus Reactor-Radioisotope manufacturing interface, Mediphsysics, 1985.
2. BNWL-2214, "COBRA-IV : The model and method", Stewart C.W. et al, Battelle, Pasific Northwest Laboratories, Richland, Washington 99352, July 1977
3. "Nuclear Heat Transport", M.M.El Wakil, The ANS Publication, May 1978.

ITEM	QTY	DESCRIPTION
(1)	1	PLUG, 3/16" DIA. 304 ST. 316 ST.
(2)	1	3/16" DIA. 304 ST. 316 ST.
(3)	1	CAP UPPER 316 ST.
(4)	1	CLADDING, 304 ST. TUBE 1/8" OD 0.035 WALL, 304 ST. MIL. T-8504A
(5)	1	CAP LOWER 316 ST.

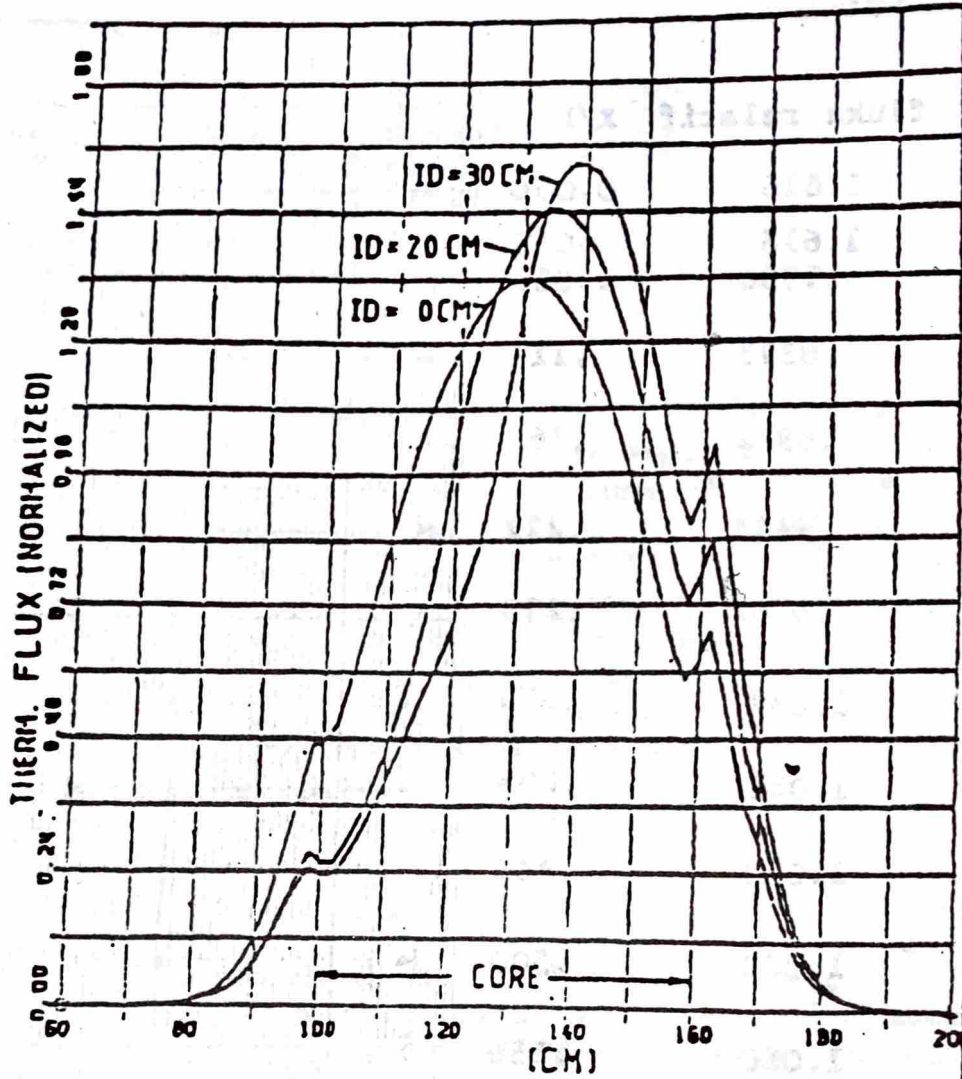


GAMBAR 1. TARGET IPM SECARA DETAIL

NOTE: USE MELIARC ON UPPER, LOWER AND FITTING WELDS.



Gambar.2. Stringer untuk irradiasi target FPM

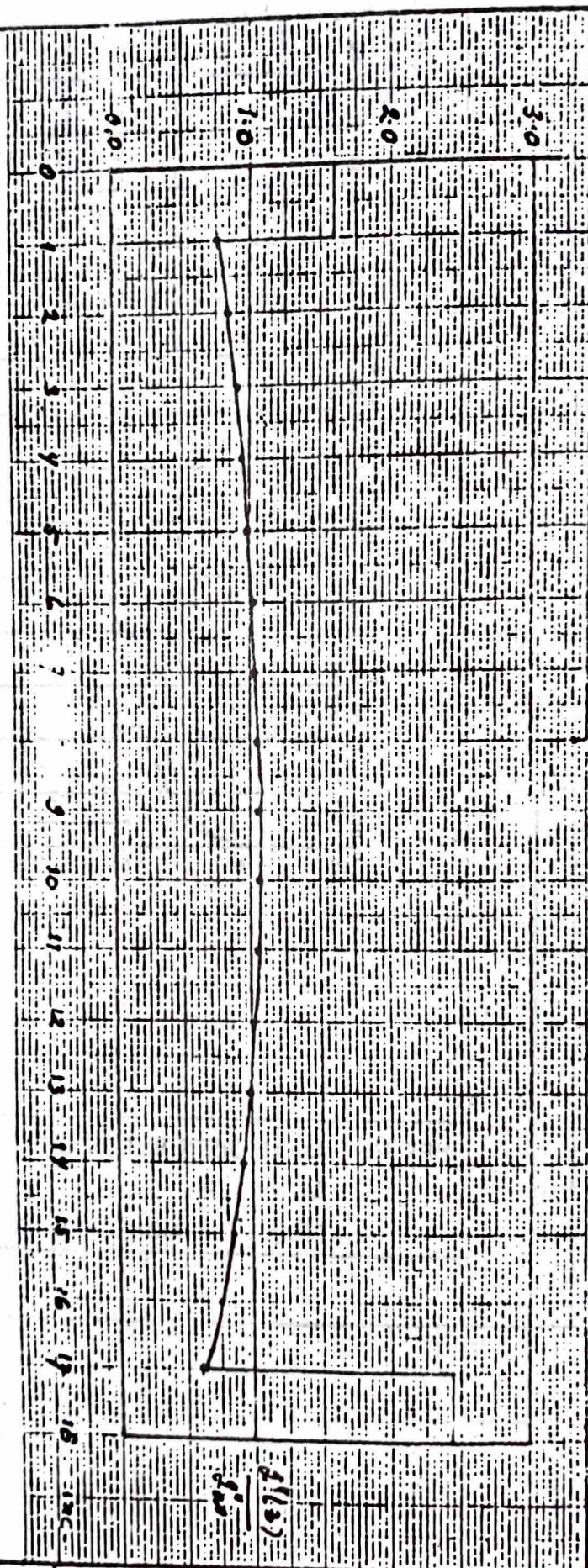


MPR 30 AXIAL DISTRIBUTION OF THE THERMAL FLUX  
 WITHIN IP's  
 (ID = INSERTION DEPTH OF CONTROL RODS)

GAMBAR 3.

fluks relatif X/L

1.616	0.000
1.616	.055
.7736	.056
.8373	.111
.8922	.167
.9414	.222
.9792	.278
1.014	.333
1.030	.389
1.050	.444
1.060	.500
1.060	.556
1.040	.611
1.021	.667
.9958	.722
.9217	.778
.8627	.833
.7736	.889
.6478	.944
2.423	.945
2.423	1.000



Gambar 4 : Distribusi fluks panas sepanjang target FPM