

## EVALUASI TEGANGAN DAN BEBAN PENYANGGA PIPA SISTEM PENDINGIN SEKUNDER RSG-GAS

Pustandyo W., Y.B. Sitandung, Saiful Sujalmo

### ABSTRAK

**EVALUASI TEGANGAN DAN BEBAN PENYANGGA PIPA SISTEM PENDINGIN SEKUNDER RSG-GAS.** Telah dilakukan evaluasi tegangan dan beban penyangga pada segmen pemipaan pendingin sekunder. Dalam makalah ini diuraikan cara melakukan analisis terhadap sistem pemipaan dengan menggunakan paket computer code "PS+CAEPIPE versi 3.4.05 W". Dari segmen pipa yang dipilih sebagai bahan analisis ini disusun data inputan berupa karakteristik pipa, sifat - sifat material, kondisi operasi, peralatan, penyangga dan lain - lain. Hasil analisis menunjukkan bahwa tegangan dan beban penyangga pipa apabila menggunakan letak, jenis dan jumlah penyangga sesuai dengan sistem yang telah terpasang untuk beban sustain 3638 psi (node 160), thermal 13517 psi (node 90), serta kombinasi sustain + thermal (node 90) 16747 psi. Sedangkan apabila dilakukan optimasi terhadap penggunaan penyangga, maka tegangan dan beban penyangga untuk beban sustain 4283 psi (node 10), thermal 13517 psi (node 90), serta beban kombinasi sustain + thermal (node 90) 17350 psi. Harga batas beban yang diijinkan menurut paket program PS + CAEPIPE untuk beban sustain 15000 psi, thermal 22500 psi dan kombinasi sustain + thermal 37500 psi. Dari hasil evaluasi dapat disimpulkan bahwa tegangan dan beban penyangga pipa sistem pendingin sekunder cukup kecil dan penggunaan penyangga terkesan berlebihan dan kurang ekonomis.

### ABSTRACT

**THE EVALUATION OF STRESS AND PIPING SUPPORT LOADS ON "RSG-GAS" SECONDARY COOLING SYSTEM.** The evaluation of stress and piping support loads was evaluated on piping segment of secondary cooling water piping. In this paper, the analysis methods are presented with the use of computer code PS + CAEPIPE Version 3.4.05.W. From the selected pipe segment, the data of pipe characteristics, material properties, operation and design condition, equipment and supports were used as inputs. The results of analysis show that stress and supports loads if using location, kind and number of support equal with the system that have been installed for sustain load 3638 psi (node 160), thermal 13517 psi (node 90) and combination of sustain and thermal (node 90) 16747 psi. Meanwhile, if the optimization supports, stress and support load for sustain load are respectively 4283 psi (node10), thermal 13517 psi (node 90) and combination of sustain + thermal (node 90) 17350 psi. The limit values of permitted support based on Code PS+CAEPIPE of sustain load are 15000 psi, thermal 22500 psi and combination of sustain + thermal 37500 psi. The conclusion of evaluation results, that stress support load of pipe secondary cooling system are sufficiently low and using support show excessive and not economic.

### PENDAHULUAN

Sistem pendingin sekunder adalah tempat untuk menurunkan bahang yang terakhir dari reaktor. Bahang yang terbentuk pada sistem primer dibawa melalui alat penukar bahang ke sistem sekunder dan akhirnya dibuang ke atmosfer melalui menara pendingin.

Sistem ini direncanakan mampu membuang panas total sebesar 33000 KW dan terdiri dari 2 bagian pemipaan yang masing-masing bagian pemipaan mempunyai kapasitas 50%. Tiap bagian pemipaan tersebut terdiri dari pompa, alat penukar bahang, pipa dan menara pendingin.

Salah satu aspek analisis yang akan dibahas dalam makalah ini adalah analisis tegangan sistem pemipaan. Analisis ini perlu karena sistem pemipaan merupakan wadah dari sistem pendingin reaktor yang harus dijamin keandalannya. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui distribusi tegangan pada suatu sistem pemipaan dan mengevaluasi posisi penyangganya. Ketidak tepatan posisi penyangga dapat menyebabkan distribusi tegangan sistem pemipaan tidak seimbang yang berakibat pada gangguan mekanik bahkan dapat mempercepat terjadinya kerusakan sistem yang berakibat kecelakaan.

Dalam suatu sistem pemipaan ada beberapa faktor pembebanan yang mengakibatkan timbulnya tegangan dalam pipa antara lain :

#### 2.1.1 Pembebanan *Sustain*(2).

Pembebanan *sustain* adalah pembebanan akibat pengaruh tekanan, berat dalam (berat pipa dan berat isi pipa) dan berat luar pipa (manusia, peralatan perawatan dan benda tak terduga). Pergeseran pipa akibat beban *sustain* cenderung pada arah vertikal sehingga untuk mengatasinya digunakan penyangga tipe *restrain*. Untuk menganalisis pengaruh pembebanan *sustain* digunakan persamaan dengan batas tegangan yang diizinkan seperti terlihat dalam Tabel 05 (persamaan 8).

#### 2.1.2 Pembebanan Ekspansi Termal(2).

Pembebanan ekspansi termal adalah pembebanan akibat efek proses kerja dari sistem. Pergeseran pipa akibat beban ekspansi termal cenderung bergerak ke semua arah sehingga memerlukan pengamatan yang teliti. Pergeseran yang besar dengan arah vertikal dapat diatasi dengan menggunakan penyangga tipe *spring hanger* sedangkan pergeseran arah horizontal mengharuskan menggunakan penyangga tipe *snubber* yang harga dan perawatannya cukup tinggi.

Apabila temperatur desain lebih kecil dari 150 °F maka analisis pembebanan termal diabaikan.

#### 2.1.3 Pembebanan *Occasional*(2).

*Occasional*, adalah pembebanan akibat pengaruh beban *sustain* bersama-sama beban gempa bumi. Sistem perpipaan pendingin primer termasuk kategori seismic 1 dan kelas keselamatan 2 sehingga pembebanan *occasional* diperhitungkan. Untuk menganalisis pengaruh pembebanan *occasional* tersebut digunakan persamaan dan batas tegangan yang diizinkan seperti terlihat dalam Tabel 05 (persamaan 9F).

#### 2.2 Uraian Kondisi Pembebanan(3)

Uraian kondisi pembebanan pipa pendingin primer seperti dalam Tabel 01 dimaksudkan untuk mengetahui jenis beban yang dianalisis sebagai bahan *inputan* bagi *code PS+CAEPIPE*. Sistem pendingin primer termasuk kelas dua dengan temperatur desain 140 °F (< 150 °F ) yang data *inputnya* disesuaikan dengan ASME III kelas 2 dan dituangkan dalam format "fre" (lampiran 1).

Tabel 01: Definisi dan Kondisi Analisis<sup>(3)</sup>

Kode Kondisi	Label	Uraian
10	DW	Berat Mati (Deadweight)
40	SSE	Earthquake - SSE Inertia
342	DW+SSE	Deadweight + SSE Inertia
507	DW+SSE	Support Loads

### 2.3 Pergeseran/Lendutan Pipa<sup>2)</sup>

Pergeseran/lendutan sangat penting untuk diamati karena disamping sebagai petunjuk penempatan penyangga juga mempunyai batas-batas tertentu yaitu untuk beban *deadweight* (DW) tidak boleh melebihi 0,125 in dan untuk beban kombinasi <2,0 in.

### 2.4 Program Analisis PS+CAEPIPE<sup>3)</sup>

*Code* Program PS+CAEPIPE merupakan kumpulan program-program komputer yang digunakan untuk menganalisis elastisitas linier sistem perpipaan tiga dimensi khususnya pada variasi kombinasi pembebanan. PIPESTRESS (PS) telah digunakan untuk menganalisis sistem

### 3.1 Karakteristik Perpipaan

Tabel: 02 : Karakteristik perpipaan<sup>(4)</sup>

No. Jalur Pipa	Safety Class	Seismic Category	Ukuran				Kondisi Desain	
			Diameter Pipa Nominal (in)	Schedule	Berat (lbs/ft)	Tebal (in)	Tekanan (psi)	Temperatur (°F)
Pipa Induk	2	I	24	XS	125.49	0.5	147	140
Pipa Cabang	2	I	16	XS	82.77	0.5	147	140

perpipaan lebih dari 50 instalasi tenaga nuklir dan berbagai macam instalasi *non* nuklir seperti pabrik kimia, instalasi minyak dan instalasi-instalasi proses lain.

### III. BENTUK STRUKTUR

Untuk memperoleh data terhadap sistem pendingin primer sebagai bahan *inputan* program PS+CAEPIPE maka disusunlah bentuk struktur yang terdiri atas :

### 3.2. Sifat-sifat Material Pipa

#### 3.2.1 Sifat Material

Tabel 03 : Sifat Material<sup>(2)</sup>

Material	Temp. (°F)	Tegangan(ksi)		
		S <sub>h</sub> (ksi)	S <sub>y</sub> (ksi)	S <sub>A</sub> (ksi)
ASME- SA-312	70	15.700	25.00	23.55
TP 304L	200	15.700	21.30	23.55

dimana: S<sub>h</sub> = hot allowable stress

S<sub>y</sub> = yield strength.

S<sub>A</sub> = allowable stress

#### 3.2.2 Sifat Phisis

Tabel 04 : Sifat Phisis<sup>(2)</sup>

Material	Temperatur (°F)	E (10 <sup>6</sup> psi)	α (10 <sup>-6</sup> in/in/°F)
ASME- SA-312	70	28.3	8.46
TP 304L	200	27.6	8.79

Dimana : 1. E = Young's Modulus.

2. α = Mean thermal expansion coefficient.

## IV. ANALISIS DAN VERIFIKASI

### 4.1 Analisis

Semua data *inputan* seperti karakteristik permipaan, sifat-sifat material dan kondisi pembebanan dikumpulkan kemudian diolah oleh *code PS + CAEPIPE* melalui *UNIX* sehingga data *inputnya* berubah bentuk menjadi format "fre". Dari format inilah dapat diperoleh sket perpipaan sistem pendingin primer yang memberikan gambaran tentang angkor, penyangga, titik, panjang pipa dan lain-lain (lampiran 2).

Sebelum di *run*, *fre* format diteliti ulang untuk meyakinkan bahwa data *inputan* sudah sesuai dengan persyaratan *code* yang digunakan.

### 4.2. Verifikasi<sup>(2)</sup>

Tujuannya ialah untuk membuktikan bahwa hasil analisis terhadap pipa pendingin primer sesuai

dengan *code*, standard dan peraturan - peraturan yang digunakan.

Persamaan - persamaan yang digunakan dalam memverifikasi kombinasi pembebanan dan batas - batas tegangan untuk kelas 2 dapat diuraikan sebagai berikut:

#### 4.2.1 Batas Tegangan Pipa

Sistem pipa pendingin primer mengacu pada ASME Seksi III kelas 2. Kombinasi pembebanan dan batas-batas untuk ASME seksi III kelas 2 dapat didefinisikan pada Tabel 05.

Tabel 05 : Kombinasi Pembebanan<sup>(2)</sup>

Stress			Kondisi	Kombinasi Pembebanan	Persamaan
Tingkat	Tipe	Batas			
Design	Primary	1.5 Sh	10	$B_1 P D_o / (2tn) + B_2 M_{DW} / Z$	8
D	Primary	Smaller of (3.0 Sh, 2.0 Sy)	342	$B_1 P_{MAX} D_o / (2tn) + B_2 (M_{DW} + M_{SSE}) / Z$	9F
A/B	Pipe Break Locations	0.8 (SA + Smaller of (1.8 Sh, 1.5 Sy)	N/A	$B_1 P_{MAX} D_o / (2tn) + B_2 (M_{DW} + M_B) / Z + i M_i / Z$	S(9U + 10)

Sh = Allowable stress pada kondisi operasi

Sy = Yield strength

$M_i$  = the moment due to event i

$P_{MAX}$  = the maximum pressure for the specified stress level

SA =  $f(1,25 S_c + 0,25 Sh)$

Sh = Tegangan yang di ijinakan pada temperatur desain

P = Tekanan

tn = Tebal pipa

$M_{DW}$  = Momen akibat berat mati

$M_c$  = Momen akibat termal

Z = Section modulus

#### 4.2.2 Evaluasi Penyangga

Kombinasi pembebanan untuk penyangga dapat dilihat pada Tabel 06.

Tabel 06 : Kombinasi pembebanan untuk penyangga<sup>(3)</sup>

Cond	Uraian Kombinasi		Level
	Nomor	Loading Cases <sup>(2)</sup>	
10	10	DWs+DW	Design
	10 , 40	[Dws]+DW]+[SSE]	C/D

Catatan :

DW<sub>s</sub> = Beban mati untuk penyangga.

## V. HASIL ANALISIS DAN DISKUSI

### 5.1 Hasil Analisis

Pengamatan terhadap hasil analisis dapat dilakukan setelah data *inputan* yang sudah diolah oleh *code PS+CAEPIPE* dalam bentuk "fre" kemudian di *run* dengan mencoba beberapa nama *file* seperti pada Tabel 07.

Tabel 07 : Uraian Hasil Analisis

Nomor	Nama File	Penyangga	Uraian
1	Laptri1.fre	Tanpa penyangga	Over stress, over load dan over displacement pada semua kondisi
2	Laptri2.fre	Sesuai dengan penyangga yang terpasang (8 penyangga yaitu 2 hanger, 3 vertical support dan 3 spring hanger)	Hasilnya sangat memuaskan pada semua kondisi
3	Laptri3.fre	8 penyangga yaitu 1 hanger, 4 restrain dan 3 spring hanger	Hasilnya cukup memuaskan pada semua kondisi dan sesuai dengan persyaratan code.
4	Laptri4.fre	8 penyangga tipe restrain	Over stress pada pembebanan kombinasi dan overload pada ujung - ujung katup

### 5.1. Tegangan Pipa

Hasil analisis yang dipilih untuk dievaluasi adalah file "laptri2.fre" karena sesuai dengan

konfigurasi penyangga pipa primer yang sudah terpasang.

Tabel 08 : Evaluasi Tegangan

Kondisi Pembebanan	Titik	ASME Code Equation	Tegangan(psi)		Stress Ratio
			Aktual	Batas (Equation)	
Deadweight (10)		8	2380	23550 (1.5 Sh)	0.101
Pmax+Deadweight +SSE (342)		9F	16110	46585 (yang terkecil dari 3.0 Sh, 2.0 Sy)	0.35

Dari Tabel ini dapat disimpulkan bahwa perbandingan tegangan antara hasil analisis (*actual*) dengan batas tegangan yang diijinkan (*allowable*) sudah memenuhi persyaratan *code* (0,101 dan  $0,35 \leq 1,0$ ).

## 5. 2 Evaluasi Katup

Untuk mengevaluasi katup diambil titik-titik yang tegangannya tertinggi.

Hasil evaluasi katup dengan menggunakan program lotus (lampiran 3) dapat diringkas pada Tabel 09.

Table 09 Evaluasi Katup

Titik	Tingkat	actual	Principal stress Mb / Z (psi)	Bending Moment Mte / Z (psi)	Torsion U (psi)
		allowable			
240	A/B sustained (10)	actual	1224	217	2362
		allowable	23292 (1.0 Sy)	23292 (1.0 Sy)	23292 (1.0 Sy)
	C/D (507)	actual	3500	1809	5316
		allowable	23292 (1.0 Sy)	23292 (1.0 Sy)	28300 (1.215 Sy)
270	A/B sustained (10)	actual	1066	376	2240
		allowable	23292 (1.0 Sy)	23292 (1.0 Sy)	23292 (1.0 Sy)
	C/D (507)	actual	3972	2292	5985
		allowable	23292 (1.0 Sy)	23292 (1.0 Sy)	28300 (1.215 Sy)

Dari Tabel evaluasi katup dapat dilihat bahwa beban aktual yang dialami ujung - ujung katup jauh dibawah beban yang diijinkan sehingga disimpulkan sistem dalam keadaan aman.

### 5.2 Diskusi

Setelah dilakukan pengamatan terhadap hasil analisis terakhir maka dapat disimpulkan bahwa sistem perpipaan pendingin primer berada dalam komdisi sangat memuaskan sekalipun terjadi gempa bumi pada saat beroperasi penuh 100 %.

Sebagai bahan pertimbangan dapat digariskan sebagai berikut :

1. Pemilihan lokasi titik penyangga oleh pihak desainer sudah tepat.
2. Pemilihan tipe penyangga pada titik 90, 160, 340 dan 520 kurang ekonomis ( *variable spring diganti restrain*).

## VI. KESIMPULAN

Setelah diadakan diskusi maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Code program yang digunakan oleh *INTERATOM* dalam menganalisis sistem pendingin primer mempunyai tingkat akurasi yang cukup tinggi.
2. Penggunaan tipe penyangga pada titik 90, 160, 340 dan 520 kurang ekonomis.

## ACUAN :

1. MPR 30 Primer Cooling System PA OS NO. 0075, May 1987, by INTERATOM.
2. ASME III Power Piping, 1989 Edition by : R.C. HUDSON, R.E. FEIGEL and C.J. GOMEZ.
3. PS + CAEPIPE Computer Program version 3.4.05-W, 1992 Edition by : SST System, Inc. 023 KIFER ROAD.
4. MPR 30 Isometric Drawing for Primer Cooling System R69-0062-GC-005, February 1987, by INTERATOM.
5. Piping and Pipe Support Systems by : PAUL R. SMITH, P.E. and THOMAS J. VAN LAAN, P.E.
6. Lotus 123 Spreadsheet Program.



LAMPIRAN 1 : Hasil Olahan Code PS + CAEPIPE Melalui UNIX

```
IDEN JB=1 CD=2 VA=0 GR=-Z IU=1 OU=1 AB=T
    PL=/AP600 WESTINGHOUSE/ EN=/SITANDUNG/
TITL CV=8 RG=0 GL=2 SU=1 BL=3 GC=0 PR=1 MD=1 J6=1
    TI=/PIPESTRESS ANALISIS PENDINGIN PIPA PRIMER/
FREQ RF=20 LO=1 TR=1 MP=33. MX=100 FR=33.
    TI=/MODAL EXTRACTION/
LCAS RF=20 CA=10 TY=9 EQ=2
    TI=/DW/
LCAS RF=20 CA=347 TY=5 EQ=7 PR=0 SS=0
    TI=/SCV - Faulted/
RCAS CA=40 TY=2 EQ=5 PR=0 SS=0 LO=0 EV=1 SU=0
    FX=1. FY=1. FZ=1.
    TI=/SSE/
CCAS RF=20 CA=342 ME=1 OP=0 EQ=5
    C1=10 F1=1. C2=40 F2=1.
    TI=/|DW|+|SSE|/
CCAS RF=20 CA=507 PR=0 ME=1 OP=0
    C1=10 F1=1. C2=40 F2=1.
    TI=/|DW|+|SSE|/
```

0001 FS 1 90 30 0.000 SEISMIC SSE INERTIA

\*\*\*\*\*

```
* Program : pipeSPECT Prog. ver 1.10 28/06/96
* Run date : Fri Sep 5 09:42:57 1997
* Interpol. : log10 frequency
* Method : Envelope 5% damping
*
```

```
* List of 8 nodes selected:
* 1 3005 3164 3174 1253 1254
* 6 3004 3163 3173
*
```

\*\*\*\*\*

0001 LV 1 1

```
*
0001 SD 1 1 X 0.174 0.107 0.230 0.156 0.261 0.178
0001 SD 1 1 X 0.345 0.228 0.348 0.229 0.435 0.305
0001 SD 1 1 X 0.460 0.317 0.522 0.343 0.575 0.345
0001 SD 1 1 X 0.609 0.346 0.690 0.399 0.696 0.403
0001 SD 1 1 X 0.783 0.463 0.805 0.483 0.870 0.538
0001 SD 1 1 X 0.920 0.555 0.956 0.567 1.035 0.594
0001 SD 1 1 X 1.043 0.597 1.130 0.641 1.150 0.645
0001 SD 1 1 X 1.217 0.659 1.265 0.699 1.304 0.732
0001 SD 1 1 X 1.380 0.780 1.391 0.787 1.495 0.787
0001 SD 1 1 X 1.565 0.863 1.610 0.874 1.652 0.885
0001 SD 1 1 X 1.725 0.922 1.739 0.929 1.826 1.035
0001 SD 1 1 X 1.840 1.043 1.913 1.088 1.955 1.093
0001 SD 1 1 X 2.000 1.098 2.070 1.192 2.087 1.215
0001 SD 1 1 X 2.174 1.271 2.185 1.273 2.261 1.283
0001 SD 1 1 X 2.415 1.283 2.435 1.290 2.645 1.290
0001 SD 1 1 X 2.739 1.354 3.000 1.354 3.105 1.383
0001 SD 1 1 X 3.130 1.405 3.220 1.405 3.304 1.428
0001 SD 1 1 X 3.335 1.435 3.391 1.446 4.485 1.446
0001 SD 1 1 X 4.565 1.352 4.600 1.312 4.783 1.286
0001 SD 1 1 X 4.830 1.279 4.870 1.277 4.945 1.275
0001 SD 1 1 X 5.000 1.251 5.060 1.226 5.175 1.171
0001 SD 1 1 X 5.217 1.161 5.290 1.143 5.435 1.102
0001 SD 1 1 X 5.520 1.078 5.565 1.060 5.652 1.026
0001 SD 1 1 X 5.739 0.992 5.750 0.988 5.865 0.976
0001 SD 1 1 X 6.325 0.976 6.435 0.990 6.440 0.993
0001 SD 1 1 X 6.522 1.039 6.613 1.061 6.739 1.091
0001 SD 1 1 X 6.783 1.095 6.870 1.100 8.337 1.100
0001 SD 1 1 X 8.510 1.104 8.625 1.119 8.696 1.128
0001 SD 1 1 X 9.775 1.128 10.000 1.128 10.435 1.128
0001 SD 1 1 X 10.870 1.204 14.375 1.204 14.783 1.181
0001 SD 1 1 X 14.870 1.176 14.950 1.171 15.217 1.128
0001 SD 1 1 X 15.525 1.079 15.565 1.073 15.640 1.064
0001 SD 1 1 X 15.652 1.062 16.100 0.991 16.675 0.975
0001 SD 1 1 X 17.250 0.939 17.391 0.935 18.400 0.905
0001 SD 1 1 X 19.130 0.854 19.550 0.825 19.665 0.817
0001 SD 1 1 X 20.125 0.803 23.000 0.803 24.348 0.745
0001 SD 1 1 X 25.300 0.707 26.956 0.622 28.750 0.535
0001 SD 1 1 X 29.565 0.525 32.200 0.493 34.783 0.444
0001 SD 1 1 X 35.650 0.428 39.100 0.427 46.000 0.417
```

*0001	SD 1 1 Y	0.174	0.103	0.230	0.159	0.261	0.184
0001	SD 1 1 Y	0.345	0.227	0.348	0.228	0.435	0.271
0001	SD 1 1 Y	0.460	0.284	0.522	0.312	0.575	0.327
0001	SD 1 1 Y	0.609	0.336	0.690	0.388	0.696	0.391
0001	SD 1 1 Y	0.783	0.440	0.805	0.461	0.870	0.520
0001	SD 1 1 Y	0.920	0.524	0.956	0.527	1.035	0.558
0001	SD 1 1 Y	1.043	0.561	1.130	0.609	1.150	0.626
0001	SD 1 1 Y	1.217	0.684	1.265	0.691	1.304	0.698
0001	SD 1 1 Y	1.380	0.760	1.391	0.769	1.478	0.817
0001	SD 1 1 Y	1.495	0.834	1.565	0.902	1.610	0.919
0001	SD 1 1 Y	1.652	0.935	1.725	0.995	1.739	1.006
0001	SD 1 1 Y	1.826	1.058	1.840	1.064	1.913	1.093
0001	SD 1 1 Y	1.955	1.131	2.000	1.174	2.070	1.285
0001	SD 1 1 Y	2.087	1.311	2.174	1.378	2.185	1.410
0001	SD 1 1 Y	2.261	1.622	2.300	1.646	2.348	1.675
0001	SD 1 1 Y	2.760	1.675	2.870	1.952	2.875	1.956
0001	SD 1 1 Y	2.990	2.039	3.000	2.046	3.967	2.046
0001	SD 1 1 Y	4.000	2.040	4.140	2.016	4.174	1.986
0001	SD 1 1 Y	4.255	1.917	4.348	1.854	4.370	1.839
0001	SD 1 1 Y	4.435	1.751	4.485	1.683	4.565	1.560
0001	SD 1 1 Y	4.600	1.507	4.783	1.395	4.830	1.367
0001	SD 1 1 Y	4.870	1.326	4.945	1.270	5.060	1.270
0001	SD 1 1 Y	5.175	1.189	5.217	1.134	5.290	1.041
0001	SD 1 1 Y	5.435	1.000	5.520	0.976	5.565	0.966
0001	SD 1 1 Y	5.652	0.948	5.739	0.964	5.750	0.968
0001	SD 1 1 Y	5.865	1.016	5.870	1.018	6.000	1.057
0001	SD 1 1 Y	6.037	1.066	6.087	1.077	6.261	1.108
0001	SD 1 1 Y	6.304	1.115	6.325	1.119	6.435	1.141
0001	SD 1 1 Y	6.440	1.143	6.522	1.166	6.613	1.187
0001	SD 1 1 Y	6.739	1.214	6.783	1.225	6.870	1.240
0001	SD 1 1 Y	6.900	1.243	6.957	1.249	7.188	1.302
0001	SD 1 1 Y	7.360	1.340	7.391	1.347	9.200	1.347
0001	SD 1 1 Y	9.565	1.364	9.775	1.378	10.000	1.393
0001	SD 1 1 Y	10.348	1.604	10.350	1.605	10.435	1.648
0001	SD 1 1 Y	13.800	1.648	13.913	1.629	14.375	1.557
0001	SD 1 1 Y	14.783	1.342	14.870	1.297	14.950	1.255
0001	SD 1 1 Y	15.217	1.253	15.525	1.251	15.565	1.248
0001	SD 1 1 Y	15.640	1.241	15.652	1.240	16.100	1.181
0001	SD 1 1 Y	16.675	1.044	17.250	0.987	17.391	0.969
0001	SD 1 1 Y	18.400	0.843	19.130	0.831	19.550	0.825
0001	SD 1 1 Y	19.665	0.821	20.125	0.784	20.585	0.714
0001	SD 1 1 Y	20.700	0.699	21.739	0.675	23.000	0.648
0001	SD 1 1 Y	24.348	0.615	25.300	0.593	26.956	0.579
0001	SD 1 1 Y	28.750	0.564	29.565	0.557	32.200	0.534
0001	SD 1 1 Y	34.783	0.490	35.650	0.475	39.100	0.467
*0001	SD 1 1 Y	46.000	0.467				
0001	SD 1 1 Z	0.174	0.065	0.230	0.111	0.261	0.131
0001	SD 1 1 Z	0.345	0.160	0.348	0.161	0.435	0.194
0001	SD 1 1 Z	0.460	0.200	0.522	0.214	0.575	0.245
0001	SD 1 1 Z	0.609	0.264	0.690	0.273	0.696	0.274
0001	SD 1 1 Z	0.783	0.312	0.805	0.320	0.870	0.341
0001	SD 1 1 Z	0.920	0.361	0.956	0.375	1.035	0.430
0001	SD 1 1 Z	1.043	0.436	1.130	0.482	1.150	0.490
0001	SD 1 1 Z	1.217	0.518	1.265	0.529	1.304	0.539
0001	SD 1 1 Z	1.380	0.540	1.391	0.540	1.478	0.574
0001	SD 1 1 Z	1.495	0.579	1.565	0.597	1.610	0.605
0001	SD 1 1 Z	1.652	0.612	1.725	0.647	1.739	0.654
0001	SD 1 1 Z	1.826	0.694	1.840	0.709	1.913	0.785
0001	SD 1 1 Z	2.087	0.785	2.174	0.891	2.185	0.898
0001	SD 1 1 Z	2.261	0.942	2.300	0.978	2.348	1.021
0001	SD 1 1 Z	2.415	1.035	2.435	1.039	2.522	1.066
0001	SD 1 1 Z	2.739	1.066	2.760	1.072	2.870	1.147
0001	SD 1 1 Z	2.875	1.149	2.990	1.202	3.000	1.207
0001	SD 1 1 Z	3.220	1.207	3.304	1.269	3.335	1.273
0001	SD 1 1 Z	3.391	1.280	3.450	1.311	3.478	1.326
0001	SD 1 1 Z	3.622	1.398	3.652	1.412	3.739	1.474
0001	SD 1 1 Z	3.795	1.496	3.826	1.508	4.000	1.508
0001	SD 1 1 Z	4.140	1.564	4.174	1.583	4.255	1.668
0001	SD 1 1 Z	4.348	1.764	4.600	1.764	4.783	1.892
0001	SD 1 1 Z	4.830	1.962	4.870	2.021	4.945	2.063
0001	SD 1 1 Z	5.000	2.093	5.060	2.127	5.175	2.190
0001	SD 1 1 Z	5.217	2.213	5.870	2.212	6.000	2.238
0001	SD 1 1 Z	6.037	2.261	6.087	2.291	6.261	2.441
0001	SD 1 1 Z	6.304	2.472	6.325	2.487	6.435	2.563
0001	SD 1 1 Z	6.440	2.565	6.522	2.586	6.613	2.591
0001	SD 1 1 Z	6.739	2.599	6.783	2.606	6.870	2.625
0001	SD 1 1 Z	6.900	2.643	6.957	2.676	7.188	3.012
0001	SD 1 1 Z	7.360	3.256	7.391	3.300	7.475	3.374

0001	SD 1 1 Z	7.590	3.474	7.762	3.622	7.826	3.676
0001	SD 1 1 Z	7.935	3.869	8.050	4.071	8.261	4.432
0001	SD 1 1 Z	8.280	4.437	8.337	4.449	8.510	4.487
0001	SD 1 1 Z	8.625	4.511	8.696	4.526	11.739	4.526
0001	SD 1 1 Z	11.826	4.422	12.075	4.568	12.174	4.625
0001	SD 1 1 Z	16.675	4.625	17.250	4.616	17.391	4.301
0001	SD 1 1 Z	18.400	3.836	19.130	3.769	19.550	3.304
0001	SD 1 1 Z	19.665	3.068	20.125	2.937	20.585	2.885
0001	SD 1 1 Z	20.700	2.741	21.739	2.503	23.000	2.441
0001	SD 1 1 Z	24.348	2.093	25.300	1.693	26.956	1.553
0001	SD 1 1 Z	28.750	1.462	32.200	1.462	34.783	1.377
0001	SD 1 1 Z	35.650	1.120	39.100	1.049	46.000	1.027

\*

## \*----- Material Properties Table -----\*

MATH CD=312 EX=1 TY=4 SG=0. TX=200. TA=70. KL=1  
 MATD TE=70. EH=2.83E1 EX=8.46E0 SH=1.57E1 SY=2.5E1 KL=1  
 MATD TE=200. EH=2.76E1 EX=8.79E0 SH=1.57E1 SY=2.13E1 KL=1

\*

## \*----- Section Properties Table ---

CROS CD=24 OD=24. WT=0.5 MA=125.49  
 ST=1. KL=1  
 CROS CD=16 OD=16. WT=0.5 MA=82.77  
 ST=1. KL=1  
 CROS CD=41 OD=41. WT=6.5 MA=2677.  
 ST=1. KL=1

\*

DESN TE=147. PR=140.  
 OPER CA=20 TE=120. PR=140. KL=1  
 MATL CD=312 \*----- MATL changed -----  
 CROS CD=24 \*----- CROS changed -----  
 ANCH PT=5 LO=0  
 AMVT PT=5 KX=1.2E4 KY=1.2E4 KZ=1.2E4 MX=4.67E5 MY=4.67E5 MZ=4.67E5  
 CA=347 DX=1.476 DY=0.268 DZ=0.16

COOR PT=5 AX=0. AY=0. AZ=0.  
 TANG PT=10 DX=-0.82 EW=2  
 TANG PT=20 DX=-7.25  
 HANG PT=20 LO=0 DZ=1. SP=OEO  
 TANG PT=30 DX=-2 EW=2  
 TANG PT=40 DX=-1.64  
 TANG PT=50 DX=-1.64 EW=2  
 TANG PT=60 DX=-6.562 EW=2  
 TANG PT=70 DX=-1.64  
 TANG PT=80 DX=-1.64 EW=2  
 TANG PT=90 DX=-2.887  
 HANG PT=90 LO=0 DZ=1  
 SP=OEO  
 TANG PT=100 DX=-3.675 EW=2  
 TANG PT=110 DX=-1.64  
 TANG PT=130 DX=-1.64 EW=4

```

*----- Junction pipe -----*
JUNC PT=40
CROS CD=16 *----- CROS changed -----*
BRAN PT=140 DZ=-1.476 EW=2 TE=1
TANG PT=150 DZ=-3.4 EW=2
BRAD PT=151 EW=2 RA=2.
TANG PT=160 DX=3.773
VSUP PT=160 LO=0 KP=0. DZ=1.
SP=0E0
TANG PT=170 DX=3.675 EW=2
BRAD PT=171 EW=2 RA=2.
TANG PT=180 DY=-13.123 EW=2
CROS CD=41 *----- CROS changed -----*
TANG PT=190 DY=-0.213
CROS CD=16 *----- CROS changed -----*
TANG PT=200 DY=-0.213
CROS CD=41 *----- CROS changed -----*
TANG PT=210 DY=-0.213 EW=2
TANG PT=220 DY=-1.04
RSUP PT=220 LO=0 DZ=1.
SP=0E0
TANG PT=230 DY=-4. EW=2
TANG PT=240 DY=-0.213
CROS CD=16 *----- CROS changed -----*
VALV PT=250 DY=-0.167
TH=2
VALV PT=260 DZ=0.92
MA=2.815 TH=2.
*----- Junction pipe -----*
JUNC PT=250
VALV PT=270 DY=-0.167
TH=2.
CROS CD=41 *----- CROS changed -----*
TANG PT=280 DY=-0.213 EW=2
CROS CD=16 *----- CROS changed -----*
TANG PT=290 DY=-1.165
CROS CD=41 *----- CROS changed -----*
TANG PT=300 DY=-0.374
CROS CD=16 *----- CROS changed -----*
TANG PT=310 DY=-1.148
ANCH PT=310 LO=0
COOR PT=310 AX=-4.262 AY=-22.249 AZ=-4.876
*----- Junction pipe -----*
JUNC PT=70
BRAN PT=320 DZ=-1.476 EW=2 TE=1
TANG PT=330 DZ=-3.4 EW=2
BRAD PT=331 EW=2 RA=2.
TANG PT=340 DX=3.773
VSUP PT=340 LO=0 KP=0. DZ=1.
SP=0E0
TANG PT=350 DX=3.675 EW=2
BRAD PT=351 EW=2 RA=2.
TANG PT=360 DY=-13.123 EW=2
CROS CD=41 *----- CROS changed -----*
TANG PT=370 DY=-0.213
CROS CD=16 *----- CROS changed -----*
TANG PT=380 DY=-0.213
CROS CD=41 *----- CROS changed -----*
TANG PT=390 DY=-0.213 EW=2
TANG PT=400 DY=-1.04
RSUP PT=400 LO=0 DZ=1.
SP=0E0
TANG PT=410 DY=-4.
TANG PT=420 DY=-0.213
CROS CD=16 *----- CROS changed -----*
VALV PT=430 DY=-0.167
TH=2
VALV PT=440 DZ=0.92
MA=2.815 TH=2

```

```

*----- Junction pipe -----
JUNC PT=430
VALV PT=450          DY=-0.167
                    TH=2.
CROS CD=41 *----- CROS changed -----*
TANG PT=460          DY=-0.213          EW=2
CROS CD=16 *----- CROS changed -----*
TANG PT=470          DY=-1.165          EW=2
CROS CD=41 *----- CROS changed -----*
TANG PT=480          DY=-0.374
CROS CD=16 *----- CROS changed -----*
TANG PT=490          DY=-1.148
ANCH PT=490 LO=0

COOR PT=490 AX=-14.104 AY=-22.249 AZ=-4.876
*----- Junction pipe -----*
JUNC PT=110
BRAN PT=500          DZ=-1.476 EW=2 TE=
TANG PT=510          DZ=-3.4 EW=2
BRAD PT=511 EW=2 RA=2.
TANG PT=520          DX=3.773
VSUP PT=520 LO=0          DZ=1
                    SP=0E0          KP=0.
TANG PT=530          DX=3.675
BRAD PT=531 EW=2 RA=2.
TANG PT=540          DY=-13.123          EW=2
CROS CD=41 *----- CROS changed -----*
TANG PT=550          DY=-0.213
CROS CD=16 *----- CROS changed -----*
TANG PT=560          DY=-0.213
CROS CD=41 *----- CROS changed -----*
TANG PT=570          DY=-0.213          EW=2
TANG PT=580          DY=-1.04
RSUP PT=580 LO=0          DZ=1
                    SP=0E0
TANG PT=590          DY=-4.          EW=
TANG PT=600          DY=-0.213
CROS CD=16 *----- CROS changed -----*
VALV PT=610          DY=-0.167
                    TH=2
VALV PT=620          DZ=0.92
                    MA=2.815 TH=2.
*----- Junction pipe -----*
JUNC PT=610
VALV PT=630          DY=-0.167
                    TH=2.
CROS CD=41 *----- CROS changed -----*
TANG PT=640          DY=-0.213          EW=2
CROS CD=16 *----- CROS changed -----*
TANG PT=650          DY=-1.165          EW=2
CROS CD=41 *----- CROS changed -----*
TANG PT=660          DY=-0.374
CROS CD=16 *----- CROS changed -----*
TANG PT=670          DY=-1.148          EW=2
ANCH PT=670 LO=0

*-----*
ENDP
    
```