

## BAB VI PEMBAHASAN DAN HASIL

### 6.1. Pembahasan Dan Perhitungan Dalam *Caesar II*

Setelah data didapat melalui proses pengamatan di PT. PJB Unit Bisnis Jasa O&M PLTU Pacitan pada jalur *Main Steam Pipe*, maka sudah dapat digunakan untuk memulai proses penginputan data dan analisa menggunakan *software Caesar 5.00*. Hasil perhitungan dalam *Caesar II* dapat menampilkan tegangan yang terjadi pada *pipping system* yang telah didesain dalam bentuk 3D dan menghasilkan tegangan-tegangan yang sesuai dengan kode ANSI B31.1. Beban-beban yang diberikan merupakan pembebanan *static*, meliputi : beban berat dan beban suhu, selain pembebanan *static* ada juga pembebanan dinamik, yang meliputi : beban angin dan beban gempa.

Hasil yang memerlukan perhatian khusus yaitu pada jalur-jalur pipa kritis, karena akan terjadi tegangan maksimal. Secara visual hasil dari analisis tegangan dapat dilihat pada model dengan warna yang berbeda-beda, warna ini menandakan tingkat tegangan yang terjadi.

### 6.2. Persiapan Permodelan

Sebelum melakukan analisis perlu dilakukan persiapan dan permodelan dengan data-data yang diperoleh untuk mempermudah dalam melakukan analisis. Berikut adalah hasil olah data yang dilakukan untuk pemodelan pada *Main Steam Pipe* di PT. PJB Unit Bisnis Jasa O&M PLTU Pacitan.

#### 6.2.1. Gambar isometrik

Gambar isometrik merupakan gambar konstruksi sistem perpipaan baik secara keseluruhan jalur perpipaan suatu *plant* perusahaan maupun sebagian dari jalur keseluruhan yang dimiliki suatu *plant* perusahaan tersebut. Gambar isometrik juga merupakan informasi atau mendeskripsikan dari jalur rancangan penyaluran fluida. Berikut ini gambar isometrik yang informasikan atau mendeskripsikan *Main Steam Pipe* yang sudah diberi nomer pemodelan agar lebih mudah dalam proses *input data*.

材料表 ?  
LIST OF MATERIAL

DESCRIPTION	规格 SIZE	材料 MAT'L	数量 QT	备注 REMARK
S PIPE	10368.3x40	A335P91	56.937m	
FW	10368.3x40	A335P91	5	R=686
IC TEST BLIND VALVE	10368.3x40	ASSEMBLY	1	
MEASURING MARK	—	—	7	
POINT CONNECTION STUB	#16x3	12Cr1MoV	1	

- Note:
- 1.THE DESIGN PRESSURE
  - 2.FLOW DIAGRAM SEE SUPPORT & HANGER
  - 3.THE PIPE BETWEEN HYDRAULIC TEST WILL ALL OVER THE PIPE AND CHECK AND ADJUST ELEVATIONS IN THE DESIGN, MANUF.

10BRO01MR009	ASSEMBLY	10368.3x40	A335P91		
10BRO01MR008	ASSEMBLY	10368.3x40	A335P91		
10BRO01MR007	ASSEMBLY	10368.3x40	A335P91		
10BRO01MR006	ASSEMBLY	10368.3x40	A335P91		
10BRO01MR005	ASSEMBLY	10368.3x40	A335P91		
10BRO01MR004	ASSEMBLY	10368.3x40	A335P91		
10BRO01MR003	ASSEMBLY	10368.3x40	A335P91		
10BRO01MR002	ASSEMBLY	10368.3x40	A335P91		
10BRO01MR001	STRAIGHT PIPE	10368.3x40	A335P91		

K/SR NUMBER	名称 DESCRIPTION	规格 SIZE	材料 MAT'L	重量 WEIGHT(kg)	备注 REMARK

DRAWN	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	DESCRIPTION

PT.PLN(PERSERO) OWNER'S DWG. NO. 0702-00-M-22-LBA-005-0

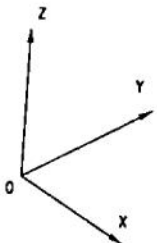
PT.PLN(PERSERO) JMK

Consortium of Dongfang Electric Corporation and PT. Dalle Energy

河南电力设计院

河南电力设计院  
河南电力设计院  
河南电力设计院

河南电力设计院  
河南电力设计院  
河南电力设计院



SCALE	N.T.S.	DWG. NO.	50-F2965-J0601-03	SHEET 1 OF 2	REV. 0

### 6.2.2. Unit Konversi

Sebelum melakukan analisa tegangan pipa dengan bantuan *software Caesar II version 5.00*, seorang *User* terlebih dahulu menentukan satuan yang akan *User* pakai dalam melakukan permodelan. Karena ini penting dalam *input-an* nantinya agar tidak terjadi ketidaksuaian antara satuan yang akan diinput-kan dengan satuan yang dipakai pada permodelan *Caesar II version 5.00*. Tidak semua satuan sama dengan *template* satuan dalam *Caesar II version 5.00*, maka diperlukan program bantuan *Ucorner (converter unit)* untuk menyesuaikan dengan unit satuan data yang akan dimasukkan. Dalam hal ini satuan yang di pakai adalah *USER*. Satuan inilah yang nantinya terpakai dalam pemodelan yang akan dibuat.

**Tabel. 6.1.** Unit konversi

Besaran	Caesar	MM	USER
Length	in	mm	mm
Force	lb	N	N
Mass dynamics	lb	Kg	kg
Moment input	in.lb	N.m	N.m
Moment output	in.lb	N.m	N.m
Stress	psi	kPa	kPa
Rotation	degree	degree	degree
Temperature	F	C	C
Pressure	psi	kPa	Bars
Elastic Modulus	psi	kPa	kPa
Pipe Density	lb/cu.in	kg/cm <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>
Insulation Density	lb/cu.in	kg/cm <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>
Fluid Density	lb/cu.in	kg/cm <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>
Elevation	in	m	mm
Diameter	in	mm	in
Thickness	in	mm	mm

### 6.2.3. Hasil Olah Data

Untuk mempermudah dalam melakukan *input* di Caesar maka dilakukan olah data terlebih dahulu sebelum melakukan permodelan. Dalam hal ini data yang akan diolah adalah seluruh data yang telah diperoleh pada proses pengamatan.

Tabel. 6.2. Data *input* piping

No	Nodal		Deskripsi Komponen	NPS	Jalur	Tebal dinding (mm)	Panjang (mm)				Besarnya Sudut $\theta$	Corrosion Allowance (mm)	Berat Komponen (kg)
	Caesar	Cnode					$\Delta X$	$\Delta Y$	$\Delta Z$	$\Delta r$			
1	10	20	Pipa	18"	ID 368.3x40	40		-699.997	-5.59	700	0.509	3.175	
2	20	25	Flange	18"	ID 368.3x40			-185.739	-1.484	185	0.509	3.175	218.635
3	25	30	Hydraulic Test Blind Valve	18"	ID 368.3x40			-1100	-8.79	1100	0.509	3.175	2197
4	30	35	Flange	18"	ID 368.3x40			-185.739	-1.484	185	0.509	3.175	218.635
5	35	40	Pipa	18"	ID 368.3x40	40		-1299.99	-10.39	1300	0.509	3.175	
6	40	50	Pipa	18"	ID 368.3x40	40		-4063.98	-32.49	4064	0.509	3.175	
7	50	60	Pipa	18"	ID 368.3x40	40		-735.997	-5.88	736	0.509	3.175	
8	60	70	Pipa	18"	ID 368.3x40	40			-736			3.175	
9	70	80	Pipa	18"	ID 368.3x40	40			-7494			3.175	
10	80	90	Pipa	18"	ID 368.3x40	40			-8000			3.175	
11	90	100	Pipa	18"	ID 368.3x40	40			-8000			3.175	
12	100	110	Pipa	18"	ID 368.3x40	40			-2150			3.175	
13	110	120	Pipa	18"	ID 368.3x40	40			-4254			3.175	
14	120	130	Pipa	18"	ID 368.3x40	40			-2464			3.175	
15	130	140	Pipa	18"	ID 368.3x40	40			-736			3.175	

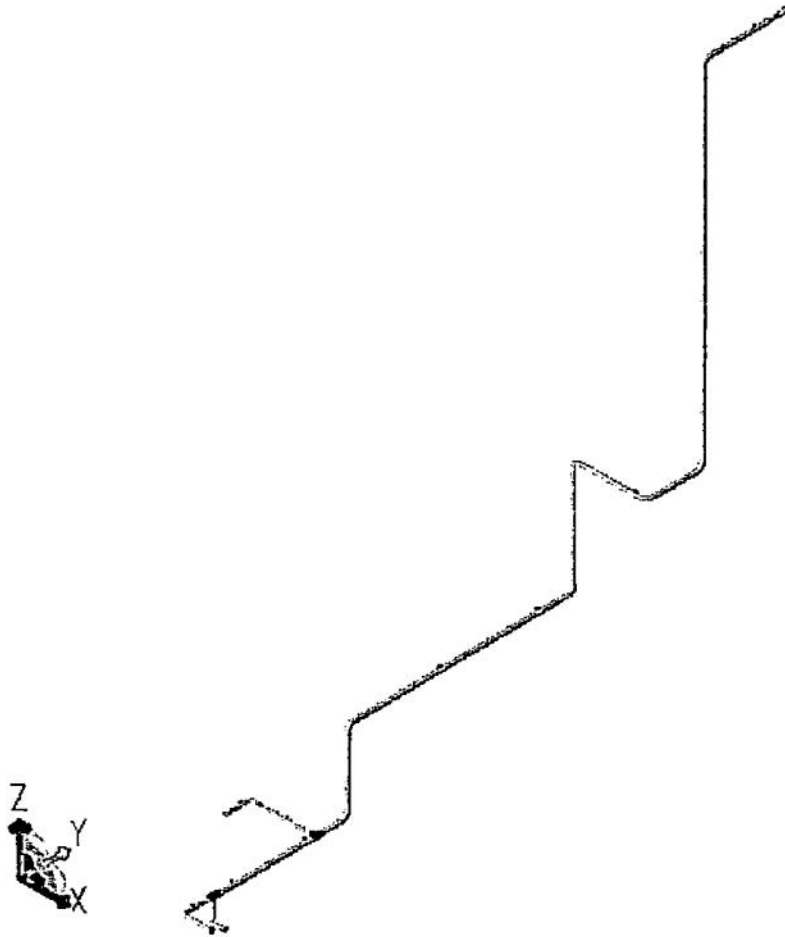
No	Nodal		Deskripsi Komponen	NPS	Jalur	Tebal dinding (mm)	Panjang (mm)				Besar Sudut $\theta$	Corrosion Allowance (mm)	Berat Komponen (kg)
	Caesar	Cnode					$\Delta X$	$\Delta Y$	$\Delta Z$	$\Delta r$			
16	140	150	Pipa	18"	ID 368.3x40	40		-735.995	-2.642	736	0.229	3.175	
17	150	160	Pipa	18"	ID 368.3x40	40		-3827.97	-13.74	3828	0.229	3.175	
18	160	170	Pipa	18"	ID 368.3x40	40		-735.995	-2.64	736	0.229	3.175	
19	170	180	Pipa	18"	ID 368.3x40	40	-735.985	-4.62944		736	0.401	3.175	
20	180	190	Pipa	18"	ID 368.3x40	40	-263.995	-1.66056		264	0.401	3.175	
21	190	200	Pipa	18"	ID 368.3x40	40	-5063.9	-31.8526		5064	0.401	3.175	
22	200	210	Pipa	18"	ID 368.3x40	40	-735.98	-4.62944		736	0.401	3.175	
23	210	220	Pipa	18"	ID 368.3x40	40			-736			3.175	
24	220	230	Pipa	18"	ID 368.3x40	40			-2895			3.175	
25	230	240	Pipa	18"	ID 368.3x40	40			-6464			3.175	
26	240	254	Pipa	18"	ID 368.3x40	40			-736			3.175	
27	254	260	Pipa	18"	ID 368.3x40	40		-735.965	-7.08	736	0.613	3.175	
28	260	270	Pipa	18"	ID 368.3x40	40		-2663.87	-25.62	2664	0.613	3.175	
29	270	280	Pipa	18"	ID 368.3x40	40		-9299.56	-89.46	9300	0.613	3.175	
30	280	290	Pipa	18"	ID 368.3x40	40		-8213.61	-79.01	8214	0.613	3.175	
31	290	300	Pipa	18"	ID 368.3x40	40		-735.965	-7.080	736	0.613	3.175	
32	300	310	Pipa	18"	ID 368.3x40	40			-736			3.175	
33	310	320	Pipa	18"	ID 368.3x40	40			-1432			3.175	
34	320	330	Pipa	18"	ID 368.3x40	40			-3026			3.175	
35	330	340	Pipa	18"	ID 368.3x40	40			-1740			3.175	
36	340	350	Pipa	18"	ID 368.3x40	40			-736			3.175	

No	Nodal		Deskripsi Komponen	NPS	Jalur	Tebal dinding (mm)	Panjang (mm)				Besar Sudut $\theta$	Corrosion Allowance (mm)	Berat Komponen (kg)
	Caesar	Cnode					$\Delta X$	$\Delta Y$	$\Delta Z$	$\Delta r$			
35	350	360	Pipa	18"	ID 368.3x40	40		-735.99	-3.635	736	0.315	3.175	
36	360	370	Pipa	18"	ID 368.3x40	40		-1913.98	-9.455	1914	0.315	3.175	
37	370	380	Pipa	18"	ID 368.3x40	40		-399.995	-1.976	400	0.315	3.175	590
38	380	390	Pipa	18"	ID 368.3x40	40		-399.995	-1.976	400	0.315	3.175	
39	390	400	Pipa	18"	ID 368.3x40	40		-599.992	-2.964	600	0.315	3.175	
40	400	410	Pipa	18"	ID 368.3x40	40		-999.987	-4.94	1000	0.315	3.175	
41	410	420	Pipa	18"	ID 368.3x40	40		-5199.93	-25.68	5200	0.315	3.175	
42	420	430	Pipa	18"	ID 368.3x40	40		-799.99	-3.952	800	0.315	3.175	
43	430	440	Pipa	18"	ID 368.3x40	40		-1699.98	-8.398	1700	0.315	3.175	
44	440	450	Pipa	18"	ID 368.3x40	40		-149.998	-0.741	150	0.315	3.175	880
45	450	460	Pipa	18"	ID 368.3x40	40		-319.796	-1.579	3198	0.315	3.175	
46	460	470	Reducer	10"	ID 368.3xID273.05	29.21		-330.196	-1.631	3302	0.315	3.175	
47	470	480	Pipa	10"	ID273.05x29.21	29.21		-739.99	-3.655	740	0.315	3.175	
48	480	490	Pipa	10"	ID273.05x29.21	29.21		-499.994	-2.47	500	0.315	3.175	
49	490	500	Pipa	10"	ID273.05x29.21	29.21		-326.996	-1.615	327	0.315	3.175	
50	500	510	Pipa	10"	ID273.05x29.21	29.21		-582.992	-2.880	583	0.315	3.175	
51	510	520	Pipa	10"	ID273.05x29.21	29.21	582.9953	2.30285		583	0.252	3.175	
52	520	530	Pipa	10"	ID273.05x29.21	29.21	1786.986	7.05865		1787	0.252	3.175	
53	530	540	Pipa	10"	ID273.05x29.21	29.21	349.9972	1.3825		350	0.252	3.175	

No	Nodal			Deskripsi Komponen	NPS	Jalur	Tebal dinding (mm)	Panjang (mm)				Besarnya Sudut $\theta$	Corrosion Allowance (mm)	Berat Komponen (kg)
	Caesar	Cnode						$\Delta X$	$\Delta Y$	$\Delta Z$	$\Delta r$			
54	540	550	380	Pipa	10"	OD273x25.4	25.4	-349.998	-1.2565		350	0.229	3.175	
55	550	560		Pipa	10"	OD273x25.4	25.4	-2349.98	-8.4365		2350	0.229	3.175	
56	560	570		Pipa	10"	OD273x25.4	25.4	-1574.06	-5.6542		1736	0.229	3.175	
57	570	575		Flange	10"	OD273x25.4		-161.924	-0.581					86.184
58	575	580		Motor Gate Valve	10"	OD273x25.4	25.4	-913.994	-3.28126		914	0.229	3.175	
59	580	585		Flange	10"	OD273x25.4		-161.924	-0.581					86.184
60	585	590		Pipa	10"	OD273x25.4	25.4	-207.073	-0.7467		369	0.229	3.175	
61	590	600		Pipa	10"	OD273x25.4	25.4	-430.997	-1.54729		431	0.229	3.175	
62	600	610		Pipa	10"	OD273x25.4	25.4		-430.993	-2.473	431	0.366	3.175	
63	610	620		Pipa	10"	OD273x25.4	25.4		-568.99	-3.266	569	0.366	3.175	
64	620	630		Pipa	10"	OD273x25.4	25.4		-599.99	-3.444	600	0.366	3.175	
65	630	640		Pipa	10"	OD273x25.4	25.4		-804.986	-4.62	805	0.366	3.175	
66	640	650	450	Pipa	10"	ID273.05x29.21	29.21	-6.071		-649.9	650	0.595	3.175	
67	650	660		Pipa	10"	ID273.05x29.21	29.21	-11.208		-1199	1200	0.595	3.175	
68	660	670		Pipa	10"	ID273.05x29.21	29.21	-2.53114		-270.9	271	0.595	3.175	
69	670	680		Pipa	10"	ID273.05x29.21	29.21	270.9978	1.01896		271	0.24	3.175	
70	680	690		Pipa	10"	ID273.05x29.21	29.21	598.9952	2.25224		599	0.24	3.175	
71	690	700		Pipa	10"	ID273.05x29.21	29.21	349.9972	1.316		350	0.24	3.175	

### 6.3. Visualisasi Pemodelan Desain

Visualisasi pemodelan desain adalah hasil dari pengolahan dan pendesainan data-data keseluruhan *Main Steam Pipe* yang telah diterangkan, menggunakan software *Caesar II version 5.00*. Visualisasi tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



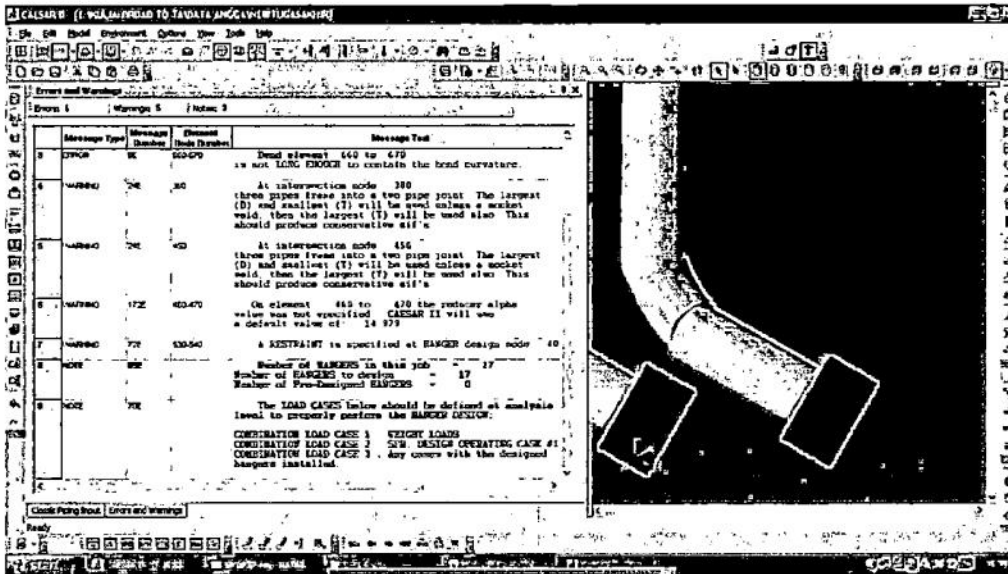
**Gambar 6.3.** Visualisasi pemodelan desain *Main Steam Pipe*

Sebelum hasil visualisasi pemodelan desain selesai, terdapat penginputan dalam hal penambahan-penambahan struktur pemodelan desain yang tidak terdapat pada gambar isometrik jalur *Main Steam Pipe* dan penambahan data yang tidak dijelaskan sebelumnya. Penambahan data tersebut adalah:

1. Pengurangan radius dari 533 mm menjadi 254 mm pada node 660 sampai 670, disebabkan terlalu besarnya radius sehingga pipa tidak tersambung

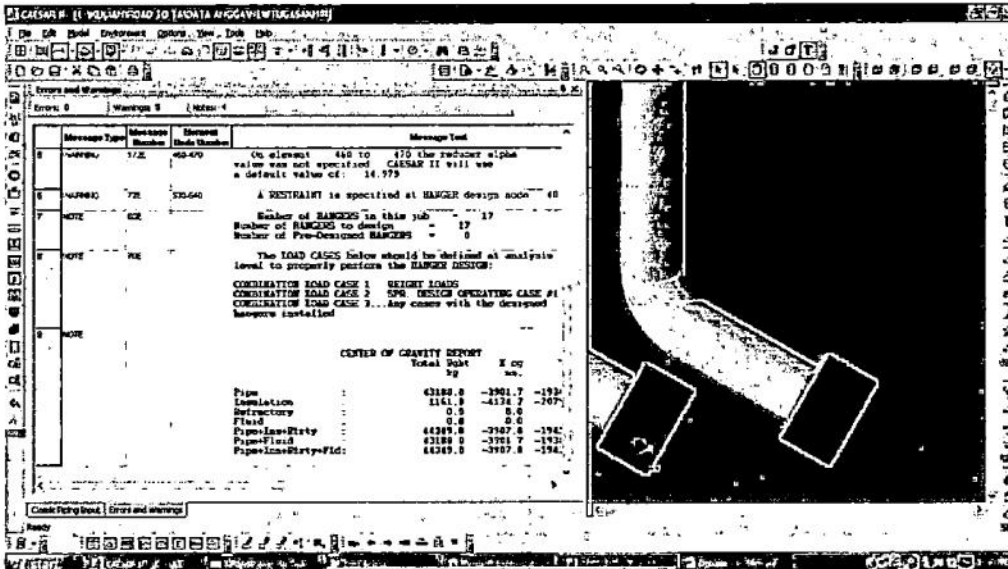


dengan sempurna pada pemodelan desain pada *Caesar II version 5.00* dan menghasilkan *error* ketika pengecekan pada *error and warnings*.



Gambar 6.4. Pengecekan *Error And Warnings* sebelum pengurangan radius.

2. Setelah pengurangan radius dari node 660 sampai 670 sudah tidak lagi terjadi *error and warning*.

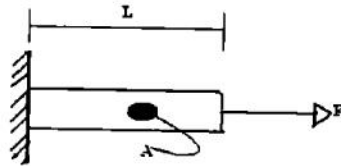


Gambar 6.5. Pengecekan *Error And Warnings* setelah pengurangan radius.

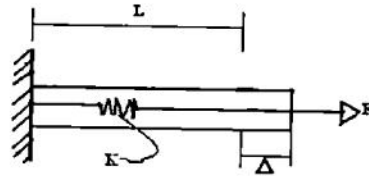
3. Penambahan *input* data translasi dan data rotasi pada *node* 540, 640, 700.

Berikut ini penjabaran penambahan salah satu data translasi dan data rotasi pada *node* 540 jalur *Main Steam Pipe* dengan  $P_{ASME}$  (*maximum allowable working pressure*).

- Data kekakuan translasi



**Gambar 6.6.** Profil benda tidak ada Translasi



**Gambar 6.7.** Profil benda terdapat Translasi

$$F = K \times \Delta \dots\dots\dots (6.1)$$

$$\Delta = \frac{F \times L}{A \times E} \dots\dots\dots (6.2)$$

$$A = \frac{\pi}{4} \times (d_o^2 - d_i^2) \dots\dots\dots (6.3)$$

$$K = \frac{F}{\Delta} = \frac{F}{F \times L / A \times E} \Rightarrow K = \frac{A \times E}{L} \dots\dots\dots (6.4)$$

Diketahui pada *node* 540 ;

$$d_o = 302,26 \text{ mm} = 0,30226 \text{ m}$$

$$d_i = 273,05 \text{ mm} = 0,27305 \text{ m}$$

$$L = 2.137 \text{ mm} = 2,137 \text{ m}$$

$$E = 200 \times 10^9 \text{ Pa}$$

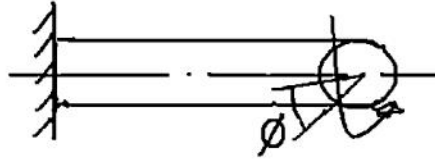
Ditanyakan :  $K$  (N/cm) ?

$$\text{Jawaban: } K = \frac{\pi}{4} \times \frac{(0,30226^2 - 0,27305^2) \times (200 \times 10^9)}{2,137}$$

$$K = 123523285,6 \text{ N/m} \times \frac{1\text{m}}{100\text{cm}}$$

$$K = 1235232,856 \text{ N/cm}$$

- Data kekakuan rotasi



**Gambar 6.8.** Profil benda terdapat Rotasi

$$T = Kr \times \phi \dots\dots\dots (6.5)$$

$$\phi = \frac{T \times L}{Ip \times G} \dots\dots\dots (6.6)$$

$$Ip = \frac{\pi}{32} \times (do^4 - di^4) \dots\dots\dots (6.7)$$

$$Kr = \frac{T}{\phi} = \frac{T}{T \times L / Ip \times G} \Rightarrow Kr = \frac{Ip \times G}{L} \dots\dots\dots (5.8)$$

Diketahui :

$$do = 302,26 \text{ mm} = 0,30226 \text{ m}$$

$$di = 273,05 \text{ mm} = 0,27305 \text{ m}$$

$$L = 2.137 \text{ mm} = 2,137 \text{ m}$$

$$G = 80 \times 10^9 \text{ Pa}$$

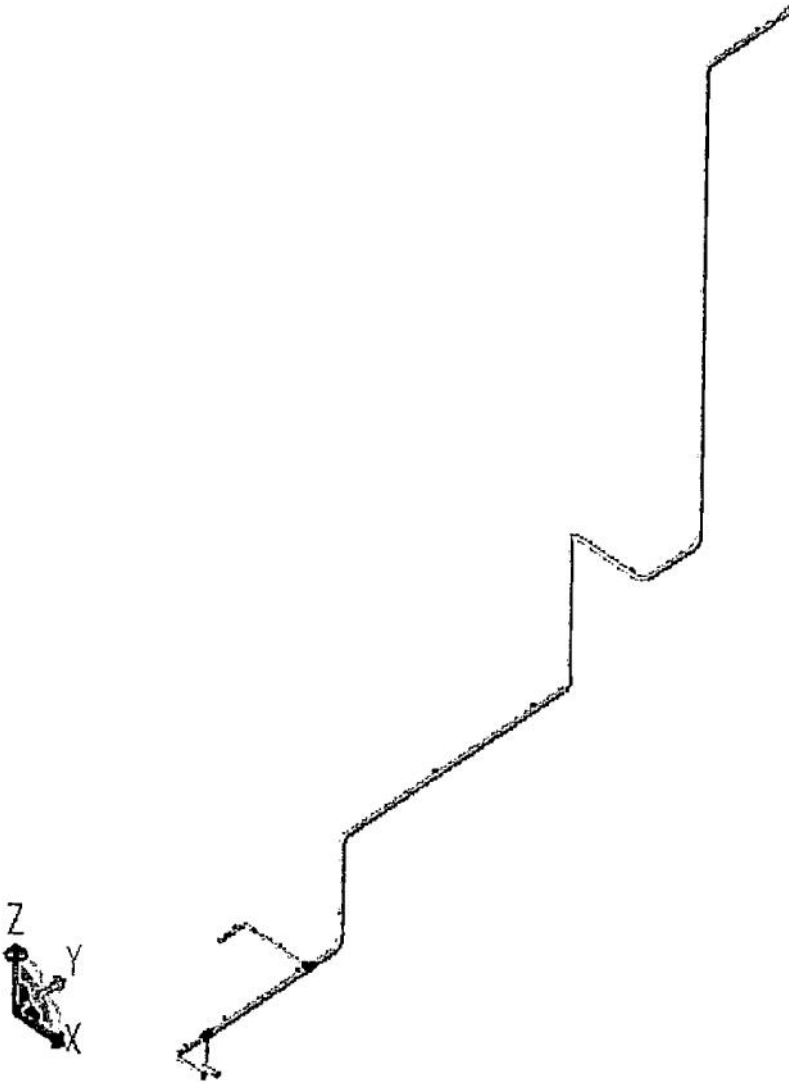
Ditanyakan :  $Kr$  (N/cm) ?

$$\text{Jawaban: } Kr = \frac{\pi/32 \times (0,30226^4 - 0,27305^4) \times (80 \times 10^9)}{2,137}$$

$$Kr = 10247331,81 \text{ N/cm}$$

#### 6.4. Analisis

Analisis ini dimaksudkan untuk beban-beban statik dan dinamik. Beban-beban statik ini meliputi, beban berat, beban suhu, tekanan internal, untuk beban dinamik meliputi beban statik ditambahkan dengan beban angin, beban gempa yang mengikuti fungsi waktu yang akan dimasukkan *load case*.



**Gambar. 6.9.** Visualisasi pemodelan desain *Main Steam Pipe* sebelum modifikasi

#### 6.4.1. Load Case

Berikut adalah faktor *load case* digunakan pada *Main Steam Pipe* adalah

Case 1 - W	(HGR) <i>Case hanger case not active</i>
Case 2 - WW	(HGR) <i>Case hanger case not active</i>
Case 3 - W+T1+P1	(OPE) <i>Operating Case at operating conditions (T1)</i>
Case 4 - W+P1	(SUS) <i>Case of sustained at cold design condition (P1)</i>
Case 5 - U1	(OCC) <i>Case of seismic acceleration in X direction</i>
Case 6 - U2	(OCC) <i>Case of seismic acceleration in Y direction</i>
Case 7 - U3	(OCC) <i>Case of seismic acceleration in Z direction</i>
Case 8 - WIN1	(OCC) <i>Wind in +X</i>
Case 9 - WIN2	(OCC) <i>Wind in -X</i>
Case 10 - WIN3	(OCC) <i>Wind in +Z</i>
Case 11 - L3-L4	(EXP) <i>Expansion at operating condition</i>
Case 12 - L5+L6+L7	(OCC) <i>Seismic acceleration combine all direction</i>
Case 13 - L4+L12	(OCC) <i>Combination of Case of sustained at cold design condition and acceleration combine all direction</i>
Case 14- L4+L8	(OCC) <i>Combination of Case of sustained at cold design condition and wind in +X</i>
Case 15- L4+L9	(OCC) <i>Combination of Case of sustained at cold design condition and wind in -X</i>
Case 16- L4+L10	(OCC) <i>Combination of Case of sustained at cold design condition and wind in +Z</i>

#### 6.4.2. Analisis Tegangan Pipa (*stress summary*) sebelum modifikasi

Analisis ini ditunjukkan untuk mengetahui ada tidaknya *over stress*, pada jalur *Main Steam Pipe* dengan mengetahui dan membandingkan antara *code stress ratio* yang dipengaruhi besaran gaya dan momen X, Y, Z terhadap *high stresses allowable*.

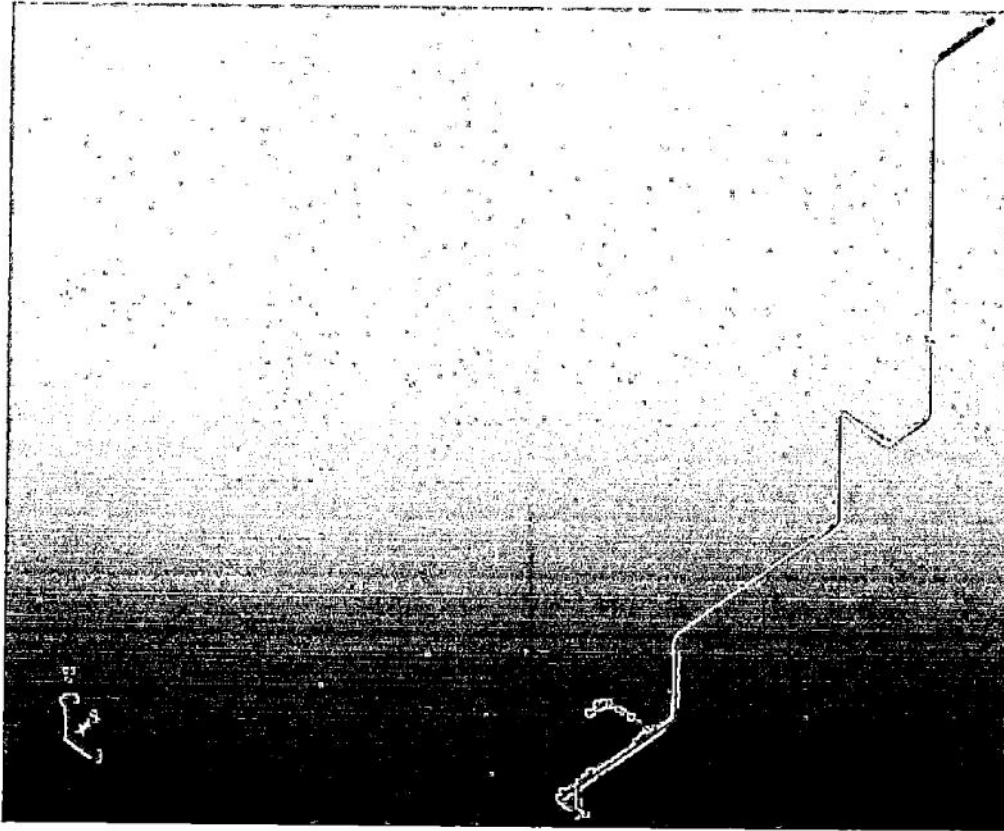
Terdapat 16 *load case* pada *Main Steam Pipe* sehingga analisis *high stresses summary*-nya dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 6.3.** Analisis *high stresses summary* sebelum modifikasi

Load Case	Element Node	Code/Non-Code Stress (kPa)	Allowable Stress (kPa)	RASIO %
1 (HGR)W	-	-	-	-
2 (HGE) WW	-	-	-	-
3 (OPE) W+T1+P1	10	223858.10	0.0	0.0
4 (SUS) W+P1	10	192254.30	95753.09	200.78
5 (OCC) U1	110	37042.94	110116.20	33.64
6 (OCC) U2	450	51228.04	110116.20	46.52
7 (OCC) U3	10	20053.83	110116.20	18.21
8 (OCC) WIN 1	110	13986.66	110116.20	12.7
9 (OCC) WIN 2	450	8517.13	110116.20	7.73
10 (OCC) WIN 3	10	3972.32	110116.20	3.61
11 (EXP) L11=L3-L4	10	352368.60	207510.60	169.81
12 (OCC)L12=L5+L6+L7	450	51714.34	110116.20	46.96
13 (OCC) L13= L4+L12	10	229443.70	110116.20	208.37
14 (OCC) L14= L4+L8	10	204689.80	110116.20	185.89
15 (OCC) L15= L4+L9	10	193402.20	110116.20	175.63
16 (OCC) L16= L4+L10	10	196226.50	110116.20	178.20

Persentase *ratio* tegangan pipa yang melebihi *allowable stress* ada pada *load case* 4, 11, 13, 14, 15, 16 dan tegangan pipa tertinggi adalah *load case* ke-13 sebesar 208,37% menandakan bahwa *load case* ke-13 paling gagal karena persentasenya >100% pada *node* 10. Berdasarkan data di atas *load case* ke-13 adalah beban *Occasional*, kombinasi dari *load case* 4 dan *load case* 12 yang merupakan kombinasi dari *case of sustained at cold design condition and acceleration combine all direction* dan juga disebabkan oleh berat *hydraulic test blind valve* yang terlalu berat, yaitu : 2197 kg. Sehingga jalur *Main Steam Pipe*

merupakan jalur kritis. Untuk itu perlu dilakukan beberapa modifikasi agar jalur pipa ini aman dan agar dapat dilanjutkan untuk menganalisis *displacement*.



**Gambar 6.10.** Visualisasi Kondisi *Existing* Desain *Main Steam Pipe* sebelum modifikasi.

### 6.4.3 Analisis Tegangan Pipa (*Stress Summary*) Setelah Modifikasi

#### 6.4.3.1. Modifikasi Desain

Modifikasi desain diperlukan bila terjadi *trouble*, dalam kasus di sini *trouble* berupa *overstrees* dan defleksi yang berlebihan. Diinstalasi perpipaan yang mengharuskan merubah atau memodifikasi berupa penambahan atau penggeseran posisi *support* maupun *routing* perpipaanya.

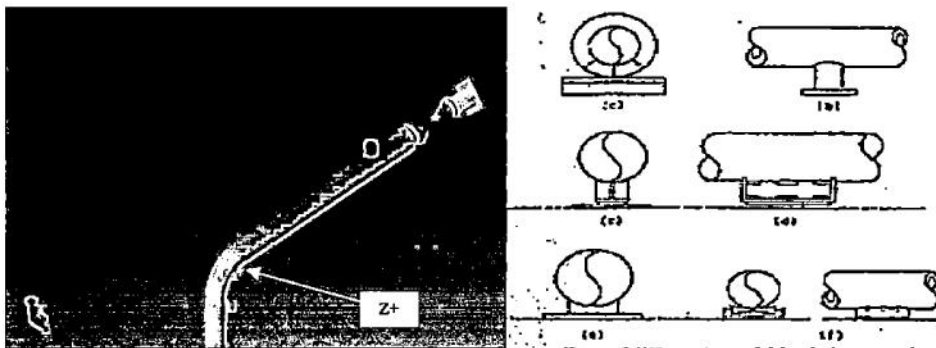
Pemahaman seorang *pipe stress engineer* dalam menyikapi dalam hal modifikasi sangatlah diperlukan sebab *problem-problem* atau *trouble* yang terjadi di lapangan maupun diinstalasi begitu kompleks, seperti halnya yang terjadi pada *Main Steam Pipe* mengalami masalah sehingga diperlukan modifikasi pada jalur pipa tersebut.

Tabel 6.4. Tabel modifikasi

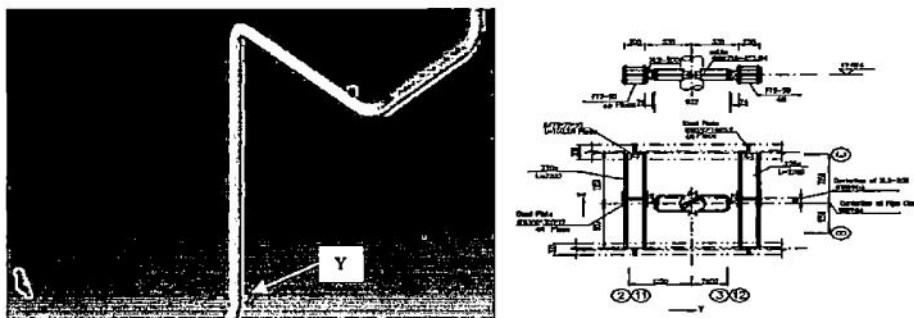
No	Node	Modifikasi
1	50	Penambaham support jenis Z+
2	240	Penambahan <i>support</i> jenis Y
3	260	Penambahan <i>support</i> jenis X
4	420	Penambahan <i>support</i> jenis Z+
5	430	Penambahan <i>support</i> jenis <i>Guide</i>
6	430	Penambahan <i>support</i> jenis Z+
7	670	Penambahan <i>support</i> jenis Z+

Penjelasan modifikasi *Main Steam Pipe* sebagai berikut:

1. Penambahan penyangga pipa (*pipe support*) jenis *single direction Z+* di node 50 berguna untuk menahan pipa bergerak pada arah Z+.

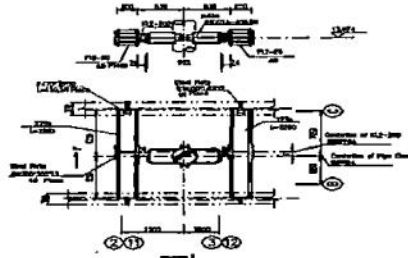
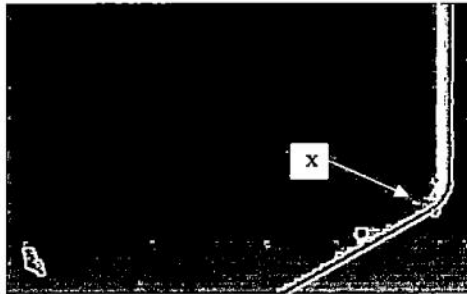
(a) Penambahan *support* node 50(b) Bentuk *support* Z+Gambar 6.11. Penambahan *support* di node 50 dengan *support* Z+

2. Penambahan penyangga pipa (*pipe support*) jenis *double acting restrain Y* di node 240 berguna untuk menahan pipa bergerak pada arah Y+ dan Y-.

(a) Penambahan *support* node 240(b) Bentuk *support* YGambar 6.12. Penambahan *support* di node 240 dengan *support* Y



3. Penambahan penyangga pipa (*pipe support*) jenis *double acting restrain X* di node 260 berguna untuk menahan pipa bergerak pada arah X+ dan X-.

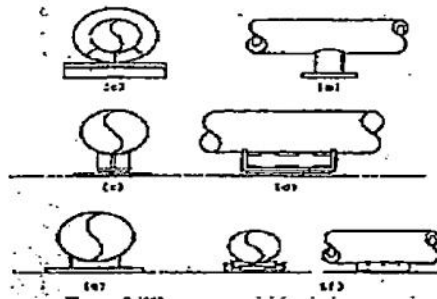
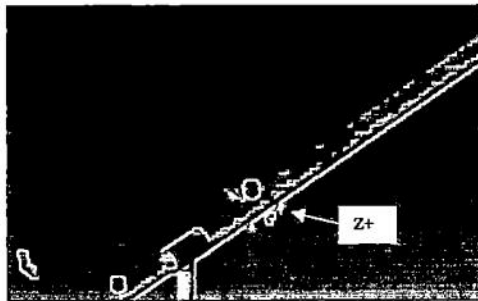


(a) Penambahan *support* di node 260

(b) Bentuk *support X*

**Gambar 6.13.** Penambahan *support* di node 260 dengan *support X*

4. Penambahan penyangga pipa (*pipe support*) jenis *single direction Z+* di node 420 berguna untuk menahan pipa bergerak translasi dengan satu arah sumbu dalam Z+.

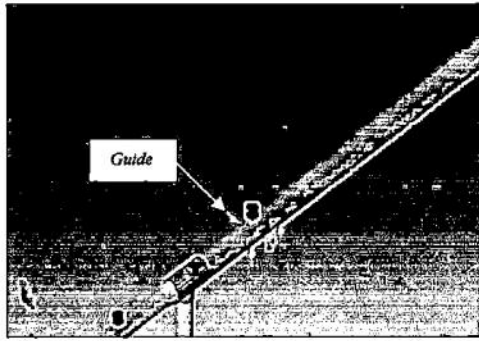
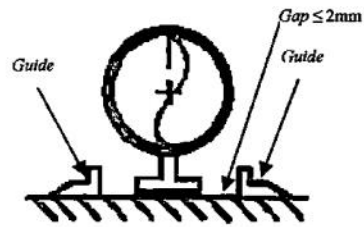


(a) Penambahan *support* di node 420

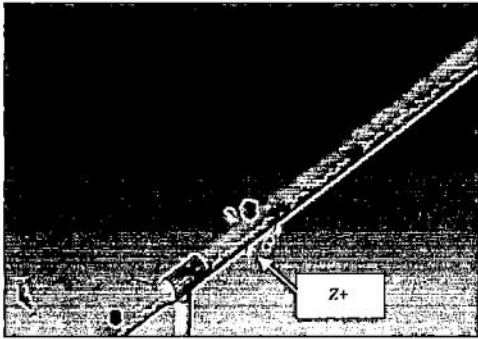
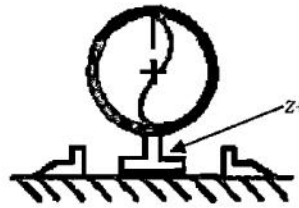
(b) Bentuk *support Z+*

**Gambar 6.14.** Penambahan *support* di node 420 dengan *support Z+*

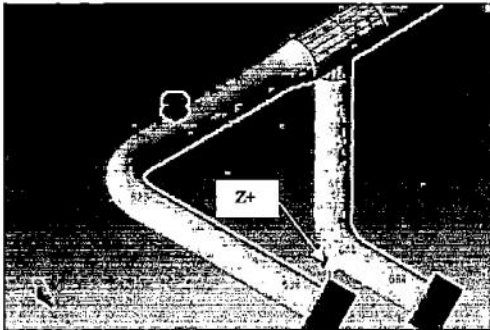
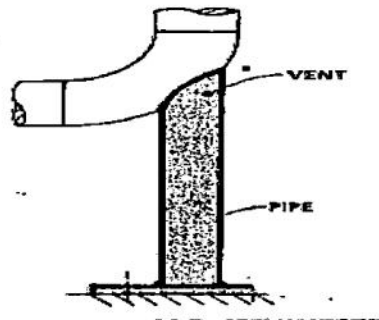
5. Penambahan penyangga pipa (*pipe support*) jenis *Guide* di node 430 berguna untuk menahan arah translasi lateral (tegak lurus dengan pipa) dibidang mendatar.

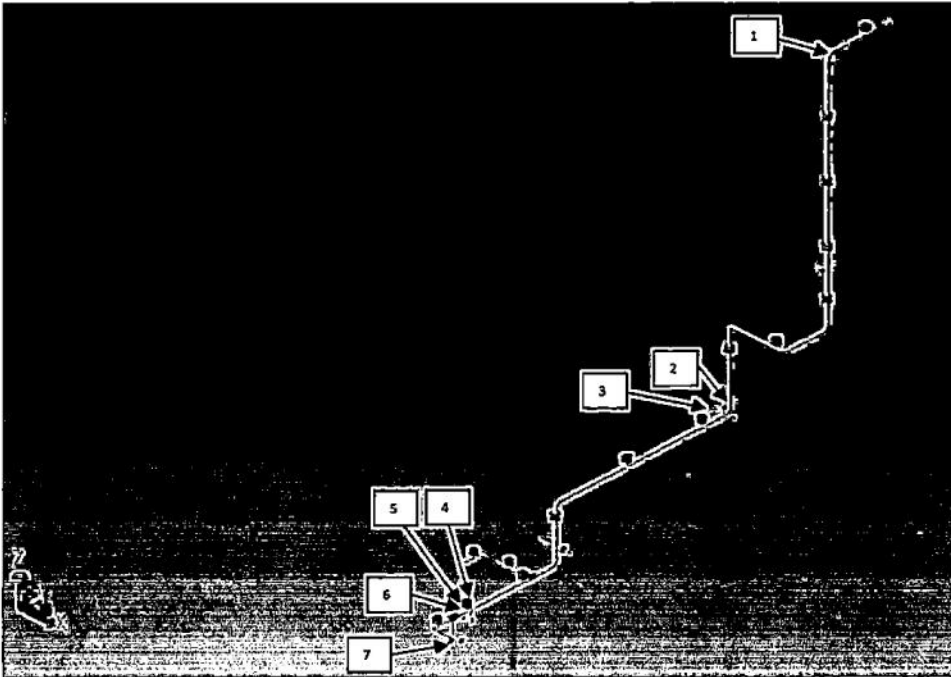
(a) Penambahan *support* di node 430(b) Bentuk *support* Guide**Gambar 6.15.** Penambahan *support* di node 430 dengan *support* Guide

6. Penambahan penyangga pipa (*pipe support*) jenis *single direction Z+* di node 430 berguna untuk menopang beban pipa.

(a) Penambahan *support* di node 430(b) Bentuk *support* Z+**Gambar 6.16.** Penambahan *support* di node 430 dengan *support* Z+

7. Penambahan penyangga pipa (*pipe support*) jenis *single direction Z+* di node 670 berguna untuk menopang pipa beban pipa.

(a) Penambahan *support* di node 670(b) Bentuk *support* Z+**Gambar 6.17.** Penambahan *support* di node 670 dengan *support* Z+



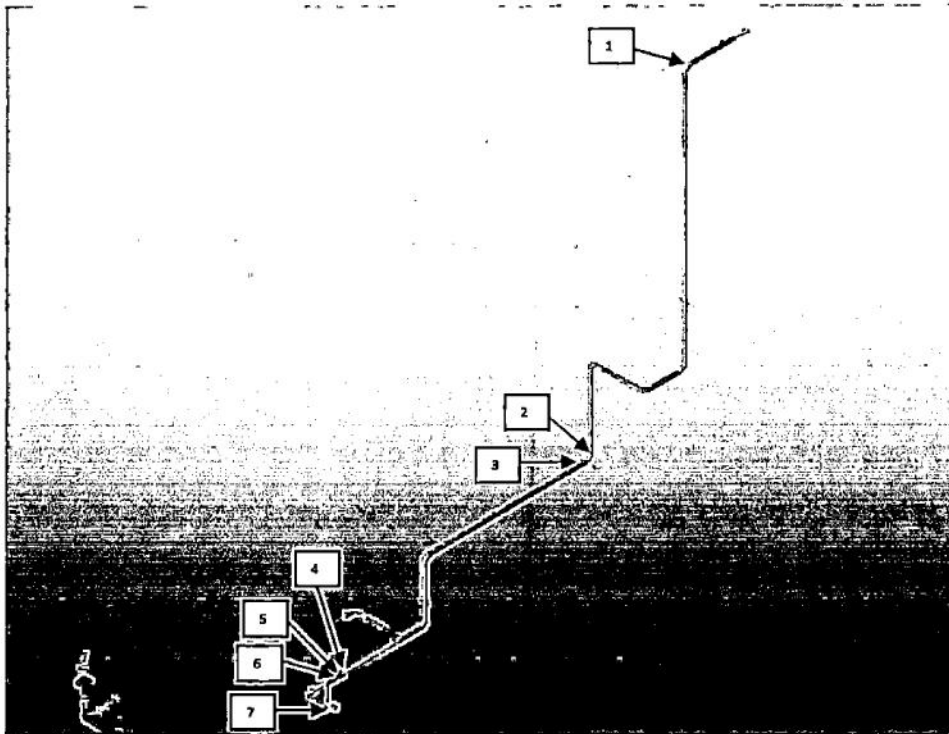
**Gambar 6.18.** Visualisasi pemodelan desain *Main Steam Pipe* setelah modifikasi

Setelah dilakukan modifikasi dengan penambahan *support* pada beberapa *node*, ternyata tegangan berlebih pada beberapa *node* yang menyebabkan terjadinya jalur pipa kritis pada *Main Steam Pipe* tersebut dapat teratasi. Tegangan yang terjadi pada jalur pipa tersebut sekarang tidak melebihi *allowable stress*, sehingga jalur pipa dinyatakan aman. Berikut hasil setelah dimodifikasi.

**Tabel 6.5. Analisis High Stresses Summary Setelah Modifikasi**

<i>Load Case</i>	<i>Element Node</i>	<i>Code/Non-Code Stress (kPa)</i>	<i>Allowable Stress (kPa)</i>	<i>RATIO %</i>
1 (HGR)W	-	-	-	-
2 (HGE) WW	-	-	-	-
3 (OPE) W+T1+P1	450	303664.10	0.0	0.0
4 (SUS) W+P1	640	74616.35	95753.09	77.93
5 (OCC) U1	10	31186.71	110116.20	28.32
6 (OCC) U2	450	18270.24	110116.20	16.59
7 (OCC) U3	10	20239.99	110116.20	18.38
8 (OCC) WIN 1	10	12862.17	110116.20	11.68
9 (OCC) WIN 2	110	5936.22	110116.20	5.39
10 (OCC) WIN 3	450	4879.55	110116.20	4.43
11 (EXP) L11=L3-L4	450	250033.20	254401.00	98.17
12 (OCC)L12=L5+L6+L7	10	37637.62	110116.20	34.18
13 (OCC) L13= L4+L12	640	85831.10	110116.20	77.95
14 (OCC) L14= L4+L8	640	79371.15	110116.20	72.08
15 (OCC) L15= L4+L9	640	75272.65	110116.20	68.37
16 (OCC) L16= L4+L10	640	78455.44	110116.20	71.25

Persentase *ratio* tegangan pipa tertinggi adalah *load case* ke-11 sebesar 98.17%. Dan *ratio* terbesar yang dihasilkan tidak melebihi *ratio* yang telah ditetapkan yaitu 100%, sehingga jalur pipa dinyatakan aman, dan dapat dilanjutkan untuk menganalisis defleksi.



**Gambar. 6.19.** Visualisasi Kondisi *Existing* Desain *Base Oil Project* Setelah modifikasi

#### 6.4.4. Penentuan Defleksi

Berdasarkan dari hasil analisis *Caesar II version 5.00* didapat defleksi yang terjadi pada setiap *case*, dapat dilihat pada Tabel 6.6.

Dari Tabel 6.6 hasil *output displacement* terbesar terjadi pada *load case* 1, 2, 3 pada *node* 220 pada sumbu X (DX) negatif sebesar -59,172 mm, kemudian untuk sumbu Y (DY) negatif pada *load case* 11 pada *node* 290 sebesar -142,09 mm dan pada sumbu Z (DZ) negatif terjadi pada *load case* 1, 2, 3 pada *node* 139 sebesar -169,86 mm yang diakibatkan oleh beban *expansion* dan *operating*. Perbandingan defleksi menggunakan *list of displacement max* dari pendesaian awal dapat dilihat pada Gambar 6.20, hal tersebut sebagai acuan pemberian *support* dan besar defleksi yang diijinkan.

Tabel 6.6. Hasil analisis defleksi maksimal

Load Case	DX		DY		DZ	
	Besar (mm)	Nodal	Besar (mm)	Nodal	Besar (mm)	Nodal
L1=W (HGR)	-59.172	220	-141.60	290	-169.86	139
L2=WW (HGR)	-59.172	220	-141.60	290	-169.86	139
L3=W+T1+P1 (OPE)	-59.172	220	-141.60	290	-169.86	139
L4=W+P1 (SUS)	4.8913	220	7.4181	160	-34.578	280
L5=U1 (OCC)	32.1046	200	-16.683	209	-4.8612	169
L6=U2 (OCC)	-3.6394	200	12.8814	209	1.9706	280
L7=U3 (OCC)	0.3247	220	-3.4336	80	4.6765	280
L8=WIN1 (OCC)	8.8019	200	-5.3208	209	-1.4491	169
L9=WIN2 (OCC)	-2.8445	200	5.9969	209	-1.0617	240
L10=WN3 (OCC)	-1.0591	200	1.4133	209	3.6368	280
L11=L3 - L4 (EXP)	-64.064	220	-142.09	290	-168.55	139
L12=L5+L6+L7 (OCC)	32.3118	200	21.1476	209	6.0953	169
L13=L4+L12 (OCC)	36.9427	200	24.1593	209	40.1768	280
L14=L4+L8 (OCC)	13.4387	209	10.2530	160	35.3440	280
L15=L4+L9 (OCC)	7.5747	210	9.0085	209	35.5839	280
L16=L14+L10 (OCC)	5.8739	220	7.7171	160	38.2155	280

Design Parameters table  
参数表

No. / 号	Item / 名称	Value 1	Value 2
1	Pipe diameter / 管径	10368.3X40	10273.05x29.21
2	Average pipe diameter / 平均管径	6455.9x43	6337.1x31.41
3	Pipe material / 管材	A33SP91	A33SP91
4	Design Pressure / 设计压力 (MPa)	17.4	17.4
5	Design Temperature / 设计温度 (°C)	546	546
6	Environement Temperature / 环境温度 (°C)	30	30
7	Elbow radius / 弯头半径 (mm)	686	533
8	Length of straight pipe on the each elbow / 每弯头直管长度 (mm)	50	50
9	Pipe weight / 管重 (Kg/m)	437.86	236.79
10	Heat insulation weight / 保温重 (Kg/m)	69.60	54.51
11	Water weight / 水重 (Kg/m)	107.46	59.09
12	Supports/Hangers maximal allowable space / 支吊架最大间距 (m)	8.9	7.9
13	Cool elastic stress / 冷态弹性应力 (MPa)	141.3	141.3
14	Heat elastic stress / 热态弹性应力 (MPa)	95.829	95.829
15	Cool elastic modulus / 冷态弹性模量 E * 10 <sup>4</sup> (MPa)	213	213
16	Heat elastic modulus / 热态弹性模量 E * 10 <sup>4</sup> (MPa)	154.673	154.673
17	Linear expansion coefficient on Design Temperature / 设计温度下热膨胀系数 α (10 <sup>-6</sup> /°C)	13.026	13.026
18	Linear expansion coefficient on solution Temperature / 介质温度下热膨胀系数 α (10 <sup>-6</sup> /°C)	354.638	354.638
19	Linear expansion coefficient on solution Temperature / 介质温度下热膨胀系数 α (10 <sup>-6</sup> /°C)	12.166	12.166
20	mined pipe thickness / 管道最小壁厚 (mm)	35.36	26.22

List of one order and two order stress  
最大一、二次应力表

Item / 名称	Location / 位置	Max value / 应力 (MPa)	Allowable value / 许用应力 (MPa)
One order stress / 一次应力	A	42.317	95.829
Two order stress / 二次应力	B	160.858	232.481

List of displacement  
最大位移一览表

Item / 名称	Location / 位置	Max displacement / 位移 (mm)
ΔX	7	-161
ΔY	7	217
ΔZ	15	185

Warming pipe from HP-bypass  
来自高压旁路加热管φ219x3.5  
参考图2965-J0604



End point push force and moment  
端点推力和力矩表

Py (N)	Pz (N)	Mx (N.m)	My (N.m)	Mz (N.m)	whether or not in the allowable value / 是否在许用范围内
1637.26	-18118.02	-59015.36	71765.93	-12824.31	yes / 是
1766.78	2078.16	11742.16	11736.85	-8190.24	yes / 是
-1330.50	-19891.71	-7308.19	-11786.87	-29.31	yes / 是
1348.95	-20068.05	-7525.41	-7885.25	30.81	yes / 是
-285.22	816.41	-16040.82	13289.06	4134.79	yes / 是
-856.02	-13811.29	4230.36	30744.83	-6604.06	yes / 是
309.63	-16320.37	-13754.34	-13616.19	-1208.31	yes / 是
-190.92	-25667.05	-1029.21	517.60	-17.60	yes / 是
-201.39	-25661.77	-1138.17	1014.88	15.19	yes / 是
-446.84	-16217.78	12686.82	-12957.16	593.04	yes / 是
-1151.90	-23786.04	31228.74	-16232.15	1716.77	yes / 是
349.29	-16756.47	-12640.89	-7849.84	4961.92	yes / 是
340.32	-29316.45	1893.70	39614.24	-7.84	yes / 是
315.43	-29226.43	1745.96	38530.16	1.69	yes / 是
-78.31	-16221.67	13329.28	-7907.86	-3978.01	yes / 是

pipe is 17.4MPa, and design temperature is 546°C.  
and hydraulic test Blind Valve should be done hydraulic test  
if pipe after hydraulic test Blind Valve  
destructive detection.

are all installation elevation.  
ness", "ØxS" means "Average Pipe Diameter x Average Thickness"  
g mark is as follows, every mark is a Ø2mm and 1mm deep  
n of creep monitor section must order <<Supervision code for creep  
temperature and great pressure in fossil fuel power plant>>(DL/T441  
ep monitor section should be removeable, creep measuring ruler is  
ist.



Twenty along diameter  
with equal interval  
must check the size and groove of the equipment, valve and pipe fittings.  
ed by DBW should be installed according to DBW's drawing,  
k the interface pipe elevation carefully.

546°C  
器一查?行水???,水???,堵?之后管道???,做100%无?度???.  
?管道后的安装尺寸  
壁厚", "ØxS"表示"平均外径x平均壁厚"  
??个??-直径为Ø2mm,深度为1mm的球面?度  
?器高?蒸汽管道端???(DL/T441-2004)的有??定.  
?管?2965-J0604  
?管?2965-J0604



??、管件的??尺寸及接口型式  
??管安装,安装前?件?核?

DATE	DESCRIPTION	DESIGN	CHECK	REVIEW	APPROVAL
	PT.PLN(PERSERO)	OWNER'S DWG. NO.	0702-00-M-22-LBA-005-0		
	rekadaya elektrika		PT.PLN(PERSERO)	JMK	
Consortium of Dongfang Electric Corporation and PT. Dalle Energy Delle Energy					
西南电力设计院		Project No. 50-F2965-J0801-03	Project	Scale	1:1
西南电力设计院		Isometric Drawing of Main steam pipe		主蒸汽管道立体布置图	
2008.08	Scale	50-F2965-J0801-03	REV. 1	0	

Pada lokasi 7 dan 15 pada gambar jika dalam *input piping* berada pada *node* 40 dan 270, maka besar defleksi untuk *node* tersebut ditunjukkan pada tabel 6.7.

**Tabel 6.7.** Besar defleksi pipa pada *node* 40 dan 270

Load Case	DX			DY			DZ		
	$\Delta X$ max (mm)	$\Delta X$ ijin (mm)	Nodal	$\Delta Y$ max (mm)	$\Delta Y$ ijin (mm)	Nodal	$\Delta Z$ max (mm)	$\Delta Z$ ijin (mm)	Nodal
L1=W (HGR)	1.2456	-161	270	0.6278	217	270	0.3604	185	40
L2=WW (HGR)	1.2456	-161	270	0.6278	217	270	0.3604	185	40
L3=W+T1+P1 (OPE)	-11.195	-161	270	-26.783	217	270	7.9977	185	40
L4=W+P1 (SUS)	1.0566	-161	270	0.4552	217	270	0.1891	185	40
L5=U1 (OCC)	6.2955	-161	270	0.9390	217	270	0.1730	185	40
L6=U2 (OCC)	-0.5907	-161	270	-0.6748	217	270	0.2029	185	40
L7=U3 (OCC)	0.0661	-161	270	-0.0783	217	270	0.8353	185	40
L8=WIN1 (OCC)	2.5121	-161	270	0.2960	217	270	0.0601	185	40
L9=WIN2 (OCC)	-0.4915	-161	270	-0.3746	217	270	0.1029	185	40
L10=WN3 (OCC)	-0.1890	-161	270	-0.1726	217	270	0.1713	185	40
L11=L3 – L4 (EXP)	-12.252	-161	270	-27.238	217	270	7.8086	185	40
L12=L5+L6+L7 (OCC)	6.3235	-161	270	1.1589	217	270	0.8768	185	40
L13=L4+L12 (OCC)	7.3802	-161	270	1.6142	217	270	1.0659	185	40
L14=L4+L8 (OCC)	3.5688	-161	270	0.7512	217	270	0.2492	185	40
L15=L4+L9 (OCC)	1.5481	-161	270	0.8298	217	270	0.2920	185	40
L16=L14+L10 (OCC)	1.2456	-161	270	0.6278	217	270	0.3604	185	40



Dari tabel di atas dapat disimpulkan tidak ada *displacement* yang melebihi besar *displacement* pada pendesainan di *node* 40 dan 270, dengan besar *displacement*  $X_{\max}$  berada pada *load case* 11 dengan -12,252 mm, *displacement*  $Y_{\max}$  berada pada *load case* 11 dengan besar -27.238 mm dan *displacement*  $Z_{\max}$  berada pada *load case* 3 dengan besar 7.9977 mm. Sehingga jalur pada *Main Steam Pipe* sudah aman.