







BAB VI

HASIL DAN PEMBAHASAN

6.1 Pembahasan dan Perhitungan Dalam Caesar II

Hasil perhitungan dalam Caesar II dapat menampilkan tegangan yang terjadi pada *piping system* yang telah didesain dalam bentuk 3D dan menghasilkan tegangan-tegangan yang sesuai dengan kode ANSI B31.3. Beban-beban yang diberikan merupakan pembebanan *static* (beban berat, beban suhu) dan pembebanan dinamik (beban angin, beban gempa).

Hasil yang perlu diamati yaitu pada jalur-jalur yang kritis, akan terjadi tegangan-tegangan maksimal. Secara visual hasil dari analisis tegangan dapat dilihat pada model, akan terlihat warna-warna yang berbeda pada model yang menandakan tingkat tegangan yang terjadi.

Hoops Legend		⌵ ×
Code Stress by Percent (%)		
Level 6		
> Percent, %	100	
Color		255; 0; 0
Level 5		
> Percent, %	80	
Color		128; 0; 0
Level 4		
> Percent, %	60	
Color		255; 255; 0
Level 3		
> Percent, %	40	
Color		0; 128; 0
Level 2		
> Percent, %	20	
Color		192; 220; 192
Level 1		
< Percent, %	20	
Color		166; 202; 240

6.2 Persiapan Pemodelan

Sebelum melakukan pemodelan dan analisis, perlu dilakukan olah data terlebih dahulu dari data-data yang diperoleh untuk mempermudah dalam melakukan pemodelan.

6.2.1 Pengaturan *Unit* Pada *Software* Caesar II Versi 5.00

Pada *software* Caesar II perlu dilakukan pengaturan unit atau satuan yang akan digunakan dalam pemodelan. Satuan inilah yang nantinya terpakai dalam pemodelan yang akan dibuat.

Tabel 6.1. Satuan yang dipakai dalam pemodelan

No.	Besaran	Caesar	MM	User New
1	<i>Length</i>	in	mm	mm
2	<i>Force</i>	lb	N	kg
3	<i>Mass dynamics</i>	lb	kg	kg
4	<i>Momentinput</i>	in.lb	N.m	N.m
5	<i>Momentoutput</i>	in.lb	N.m	N.m
6	<i>Stress</i>	psi	kPa	kPa
7	<i>Rotation</i>	degree	degree	degree
8	<i>Temperature</i>	F	C	C
9	<i>Pressure</i>	psi	kPa	barg
10	<i>ElasticModulus</i>	psi	kPa	kPa
11	<i>Pipe Density</i>	lb/cu.in	kg/cm ³	kg/cu.m
12	<i>InsulationDensity</i>	lb/cu.in	kg/cm ³	kg/cu.m
13	<i>FluidDensity</i>	lb/cu.in	kg/cm ³	kg/cu.m
14	<i>Elevation</i>	in	m	mm
15	<i>Diameter</i>	in	mm	in
16	<i>Thickness</i>	in	mm	mm

6.2.2 Data-data Sistem Perpipaan

Data-data pada *Base Oil Line* OB-89830/89833/89834/89835/89836/89837/89838/89839/89840/89841/89842/89843/89844/89845/-117-1 di Ap-Greid Oil & Gas Design Course antara lain sebagai berikut:

Tabel 6.2. Data-Data Sistem Perpipaan

No	Deskripsi	Unit	Data
1	Material Pipa		ASTM A-333 Gr. 6
2	Suhu <i>Ambien</i>	°C	30
3	Suhu Desain T1	°C	45
4	Tekanan Jalur 11470X	barg	12
	Tekanan Jalur 151490X	barg	230
5	<i>Fluid Density</i>	kg/m ³	850
6	<i>Corrosion Allowance 11470X</i>	mm	1
	<i>Corrosion Allowance 151490X</i>	mm	3
7	Sumbu Koordinat		
	Sumbu Vertikal		Y
	Sumbu Horizontal		X, Z
8	Beban Angin		
	<i>Max. Wind Speed</i>	m/s	32
	<i>Wind Shaped Factor</i>		0.8
	<i>Direction of Wind</i>		X, Z
9	Beban Gempa		
	Arah Vertikal	g	0.271
	Arah Horizontal	g	0.175
10	<i>Rating Fitting</i>		
	Tekanan Jalur 11470X		150 lb
	Tekanan Jalur 151490X		1500 lb

6.2.3 Hasil Olah Data

Agar mempermudah dalam melakukan *piping input* perlu dilakukan olah data terlebih dahulu sebelum melakukan pemodelan. Dalam hal ini data yang akan diolah adalah seluruh data yang diperoleh dari *vendor*.

Tabel 6.3. Hasil Olah Data Pemodelan

No	Nodal		Deskripsi Komponen	NP5	Jalur	Spec	Rating	Tebal dinding (mm)	Panjang (mm)			Corrosio Allowanc	Berat Komponen (kg)	Berat Lain (kg)	Berat Total (kg)	Revisi (Panjang (mm))/Keterangan		
	Caesar	Node							ΔX	ΔY	ΔZ							
1	10	20	WN Flange	2"	89836	151490X	1500 Lb	XXS	11			108	3	11.4	7.26	18.66		
2	20	30	Reducer 3x2	3"		151490X	1500 Lb	XXS	15			-14	89	3				
3	30	40	Pipa									130						
4	40	50	Pipa									20						
5	50	60	Pipa									225						
6	60	70	Pipa									-113						-114
7	70	80	WN Flange									-124		21.8	14.01	35.81		
8	80	90	WN Flange									-124		21.8	14.01	35.81		
9	90	100	Pipa									-85						Tee
10	100	110	Pipa									-178						
11	110	120	Pipa									-12						Tee
12	120	130	Pipa									-96						
13	130	140	Pipa	1.5"	89842	151490X	1500 Lb	XXS	10			-291	3					
14	140	150	Pipa									-57						
15	150	160	WN Flange									-89		5.9	4.72	10.62		
16	160	170	Gate Valve									-305						35.39
17	170	180	Gate Valve									-305						35.39
18	180	190	WN Flange									-89		5.9	4.72	10.62		
19	190	200	Reducer 2x1.5	2"		151490X	1500 Lb	XXS	11			-103	3					
20	200	210										-94						
21	210	220	Pipa									-126						
22	220	230	Pipa									2067						
23	230	240	Pipa									1553						
24	240	250	Pipa									3171						
25	250	260	Pipa									2958						
26	260	270	Pipa									523						
27	270	280	Pipa									76						
28	280	290	Pipa									500						
29	290	300	Pipa									535						
30	300	310	Pipa									227						
31	310	320	Pipa									-410						
32	320	330	Pipa	2"								-76						
33	330	340	Pipa	3"		11470X	150 Lb	40	5			-200	1					

Tabel 6.3. Hasil Olah Data Pemodelan (Lanjutan)

No	Node		Deskripsi Komponen	NPS	Jalur	Spec	Rating	Tebal dinding (mm)	Panjang (mm)			Corrosion Allowance	Berat Komponen (kg)	Berat Lain (kg)	Berat Total (kg)	Revisi (Panjang (mm))/Keterangan
	Caesar	Code							AX	AY	AZ					
34	340	350	Pipa							472						
35	350	360	Pipa							-1172						
36	360	370	Pipa							-86						Tee
37	370	380	Pipa								86					
38	380	390	Pipa								603					
39	390	400	Pipa								281					
40	400	410	Pipa							114						
41	410	420	Pipa							451						
42	420	430	Pipa							272						
43	430	440	WN Flange							70		4,6	0,99	5,59		
44	440	450	Gate Valve							203				27,09		
45	450	460	WN Flange							70		4,6	0,99	5,59		
46	460	470	Pipa							99						
47	470	480	Pipa							63						
48	480	490	Pipa							349						
49	490	500	Pipa							114						
50	500	510	Reduser 3x2	2"		11470X	150 Lb	40	4	94	14	1				
51	510	520	WN Flange							64			2,7	0,95	3,65	
52	520	530	Relief Valve 2x1	1.5"	89839	151490X	1500 Lb	XXS	10	140		3			17	
53	530	540	Relief Valve							-105					17	
54	540	550	WN Flange							-89			5,9	4,72	10,62	
55	550	560	Reduser 2x1.5	2"		151490X	1500 Lb	XXS	11	-76		3				
56	560	570	Pipa							-125						
57	570	580	Pipa							-820						
58	580	590	Pipa							-475						
59	590	600	Pipa								-261					
60	600	610	Pipa								-369					
61	610	620	Pipa							2151						
62	620	630	Pipa							-500						
63	630	640	Pipa								-76					
64	640	650	Pipa								-578					
65	650	660	Pipa								-3048					
66	660	670	Pipa								-2903					
67	670	680	Pipa							-1915						

Tabel 6.3. Hasil Olah Data Pemodelan (Lanjutan)

No	Node		Deskripsi Komponen	NPS	Jalur	Spec	Rating	Tebal Dinding (mm)	Panjang (mm)			Corrosion Allowance	Berat Komponen (kg)	Berat Lain (kg)	Berat Total (kg)	Revisi (Panjang (mm)/Keterangan)
	Caesar	Node							AX	AY	AZ					
68	680	690	Pipa						-1100							
69	690	700	Pipa								-476					
70	700	710	Pipa								-153					Tee
71	710	720	Pipa	3"		151490X	1500 Lb	XXS	15	178			3			Tee
72	720	730	Pipa							100						
73	730	740	Pipa	1.5"						10				291		
74	740	750	Pipa							57						
75	750	760	WN Flange							89			5,9	4,72	10,62	
76	760	770	Gate Valve							305					35,39	
77	770	780	Gate Valve							305					35,39	
78	780	790	WN Flange	1.5"	89843	11470X	150 Lb	80	5	62			1	1,8	0,64	2,44
79	790	800	Reducer 2x1.5	2"				40	4	103						
80	800	810	Pipa							76						
81	810	820	Pipa								2068					
82	820	830	Pipa									3088				
83	830	840	Pipa									3048				
84	840	850	Pipa									718				
85	850	860	Pipa									76				
86	860	870	Pipa							500						
87	870	880	Pipa							-1268						
88	880	890	Pipa							-226						
89	890	900	Pipa								-410					
90	900	910	Pipa								-76					
91	910	920	Pipa	3"				40	5				209			
92	920	930	Pipa										281			
93	930	940	Pipa								1037					
94	940	950	Pipa								272					
95	950	960	WN Flange								70		4,6	0,99	5,59	
96	960	970	Gate Valve								203				27,09	
97	970	980	WN Flange								70		4,6	0,99	5,59	
98	980	990	Pipa								99					
99	990	1000	Pipa								73					
100	1000	1010	Pipa								353					
101	1010	1020	Pipa							-304						

Tabel 6.3. Hasil Olah Data Pemodelan (Lanjutan)

No	Nodal		Deskripsi Komponen	NPS	Jalur	Spec	Rating	Tebal dinding (mm)	Panjang (mm)			Corrosio Allowanc	Berat Komponen (kg)	Berat Lain (kg)	Berat Total (kg)	Revisi (Panjang (mm))/Keterangan
	Caesar	Cnode							AX	AY	AZ					
35	1350	1360	Pipa									172				
36	1360	1370	Pipa									213				
37	1370	1380	Pipa									225				
38	1380	1390	Pipa									150				
39	1390	1400	Pipa									176				
40	1400	1410	WN Flange									124	21,8	14,01	35,81	
41	1410	1420	WN Flange									124	21,8	14,01	35,81	
42	1420	1430	Pipa									198				
43	1430	1440	WN Flange									124	21,8	14,01	35,81	Engker
44	100	1450	Pipa	2"	89838	151490X	1500 Lb	XXS	11			152				
45	1450	1460	Pipa									-476				
46	1460	1470	Pipa									-1141				
47	1470	1480	Pipa									-296				
48	1480	1490	Pipa									1636				
49	1490	1500	Pipa									-297	297			
50	1500	1510	Pipa									1739				
51	1510	1520	Pipa									3166				
52	1520	1530	Pipa									4011				
53	1530	1540	Pipa									471				
54	1540	1550	Pipa									500				
55	1550	1560	Pipa									-402				
56	1560	1570	Pipa									-150				
57	1570	1580	Pipa									475				
58	1580	1590	Pipa									820				
59	1590	1600	Pipa									125				
60	1600	1610	Reducer 2x1.5	1.5"		151490X	1500 Lb	XXS	10			76				
61	1610	1620	WN Flange									89	5,9	4,72	10,62	
62	1620	1630	Relief Valve									105				17
63	1630	1640	Relief Valve 2x1	2"		151490X	1500 Lb	XXS	11			-140				
64	1640	1650	WN Flange	2"	89840	11470X	150 Lb	40	4			-64	1	2,7	0,95	3,65
65	1650	1660	Reducer 3x2	3"		11470X	150 Lb	40	5			-94				

Tabel 6.3. Hasil Olah Data Pemodelan (Lanjutan)

No	Nodal		Deskripsi Komponen	NPS	Jalur	Spec	Rating	Tebal dinding (mm)	Panjang (mm)			Corrosio Allowanc	Berat Komponen (kg)	Berat Lain (kg)	Berat Total (kg)	Revisi (Panjang (mm))/Keterangan
	Caesa	Node							ΔX	ΔY	ΔZ					
66	1660	1670	Pipa						-115							
67	1670	1680	Pipa						-349							
68	1680	1690	Pipa						-63							
69	1690	1700	Pipa						-99							
70	1700	1710	WN Flange						-70			4,6	0,99	5,59		
71	1710	1720	Gate Valve						-203						27,09	
72	1720	1730	WN Flange						-70			4,6	0,99	5,59		
73	1730	1740	Pipa						-272							
74	1740	1750	Pipa						-565							
75	1750	1760	Pipa								-281					
76	1760	1770	Pipa								-689					
77	1770	1780	Pipa						776	-17	-1					
178	130	1790	Pipa	3"	89836	151490X	1500 Lb	XXS	15	-100		3				
179	1790	1800	Pipa						-113							
180	1800	1810	WN Flange						-124			21,8	14,01	35,81		
181	1810	1820	?						-470							
182	1820	1830	Gate Valve						-470						122,79	
183	1830	1840	WN Flange						-124			21,8	14,01	35,81		
184	1840	1850	Pipa						-113							-114
185	1850	1860	Pipa								-214					
186	1860	1870	Pipa								-414					
187	1870	1880	Pipa						113							114
188	1880	1890	WN Flange						124			21,8	14,01	35,81		
189	1890	1900	Gate Valve						470						122,79	
190	1900	1910	WN Flange						124			21,8	14,01	35,81		
191	1910	1920	Pipa						718							
192	1920	1930	Pipa						526	526						
193	1930	1940	Pipa								1817					
194	1940	1950	Pipa								3131					
195	1950	1960	Pipa								74					
196	1960	1970	Pipa								614					
197	1970	1980	Pipa						-499							
198	1980	1990	Pipa						114							
199	1990	2000	Pipa						2528							

Tabel 6.3. Hasil Olah Data Pemodelan (Lanjutan)

No	Nodal	Nodal	Nodal	Deskripsi Komponen	NPS	Jalur	Spec	Rating	Tebal dinding (mm)	Panjang (mm)			Corrosio Allowanc	Berat Kompon ken (kg)	Berat Lain (kg)	Berat Total (kg)	Revisi (Panjang (mm)) / Keterangan
										MAX	AVG	MIN					
00	2000	2010		Pipa								-693					
01	2010	2020		Pipa								-2086					
02	2020	2030		Pipa								-390					
03	2030	2040		Pipa								-465					
04	2040	2050		Pipa								-744					
05	2050	2060		WN Flange								-124		21,8	14,01	35,81	
06	2060	2070		Gate Valve								-470				122,79	
07	2070	2080		WN Flange								-124		21,8	14,01	35,81	
08	2080	2090		Pipa								-113					-114
09	2090	2100		Pipa								-244					
10	2100	2110		Pipa								-195					
11	2110	2120		Pipa								-113					-114
12	2120	2130		WN Flange								-124		21,8	14,01	35,81	
13	2130	2140		Gate Valve								-470				122,79	
14	2140	2150		?								-470					
15	2150	2160		WN Flange								-124		21,8	14,01	35,81	
16	2160	2170		Pipa								-126					
17	2170	2180		Pipa								-110					
18	320	900		Pipa	3"		11470X	150 Lb	40	5	-14	1	280	1			
19	930	2190		Pipa	3"		11470X	150 Lb	40	5		-787	1				
20	2190	2200		Pipa								114					
21	2200	2210		WN Flange								70		4,6	0,99	5,59	
22	2210	2220		WN Flange								70		4,6	0,99	5,59	
23	2220	2230		Pipa								871					
24	2230	2240		Pipa								879					
25	2240	2250		Pipa								-1608					
26	1150	2260		Pipa	3"		11470X	150 Lb	40	5		-537	1				
27	2260	2270		Pipa								-200					
28	2270	2280		Pipa								50					
29	2280	2290		WN Flange								70		4,6	0,99	5,59	
30	2290	2300		WN Flange								70		4,6	0,99	5,59	

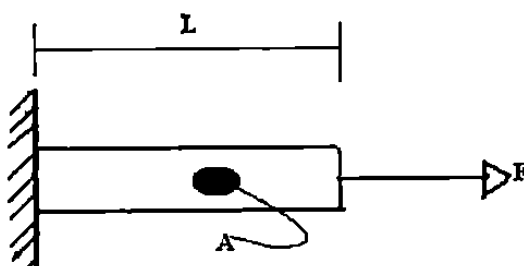
Tabel 6.3. Hasil Olah Data Pemodelan (Lanjutan)

No	.Nodal		Deskripsi Komponen	NPS	Jalur	Spec	Rating	Tebal dinding (mm)	Panjang (mm)			Corrosio ni Allowanc	Berat Kompon en (kg)	Berat Lain (kg)	Berat Total (kg)	Revisi (Panjang (mm))/Keterangan
	Caesar	Cnode							ΔX	ΔY	ΔZ					
63	2620	2630	Pipa								-214					
64	2630	2640	Pipa								-242					
65	2640	2650	Pipa								-150					
66	2650	2660	Pipa								-176					
67	2660	2670	WN Flange								-124	21,8	14,01	35,81		
68	2670	2680	WN Flange								-124	21,8	14,01	35,81		
69	2680	2690	Pipa								-198					
70	2690	2700	WN Flange								-124	21,8	14,01	35,81		
71	2030	2710	Pipa	3"	89836	151490X	1500 Lb	XXS	15		-744					
72	2710	2720	WN Flange								-124	21,8	14,01	35,81		
73	2720	2730	Gate Valve								-470			122,79		
74	2730	2740	WN Flange								-124	21,8	14,01	35,81		
75	2740	2750	Pipa								-275					
76	2750	2760	Pipa								-152					

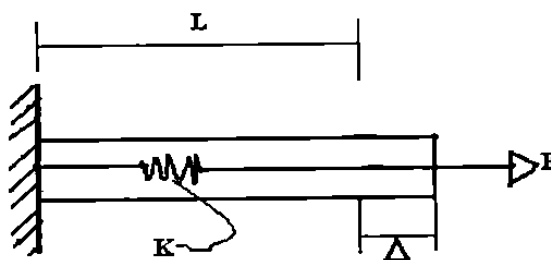
6.2.4 Input Data Translasi dan Data Rotasi

Input data translasi dan data rotasi diberikan pada *node* 2250, *node* 2360, dan *node* 2760. Penambahan data translasi dan data rotasi ditambahkan dengan menggunakan perumusan dengan PASME (*maximum allowable working pressure*).

- Data kekakuan translasi



Gambar 6.2. Profil Benda Tidak Ada Translasi



Gambar 6.3. Profil Benda Terdapat Translasi

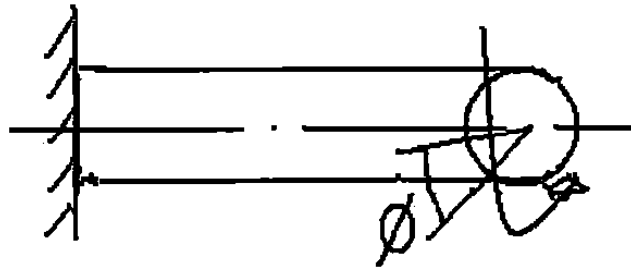
$$F = K \cdot \Delta \dots \dots \dots (6.1)$$

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

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

F F A.L (6.4)

- Data kekakuan rotasi



Gambar 6.4. Profil Benda Terdapat Rotasi

$$T = Kr \cdot \theta \dots\dots\dots(6.5)$$

$$\theta = \frac{T \cdot L}{I_p \cdot G} \dots\dots\dots(6.6)$$

$$I_p = \frac{\pi}{32} (d_o^2 - d_i^2) \dots\dots\dots(6.7)$$

$$Kr = \frac{T}{\theta} = \frac{T}{T \cdot L / I_p \cdot G} = \frac{I_p \cdot G}{L} \dots\dots\dots(6.8)$$

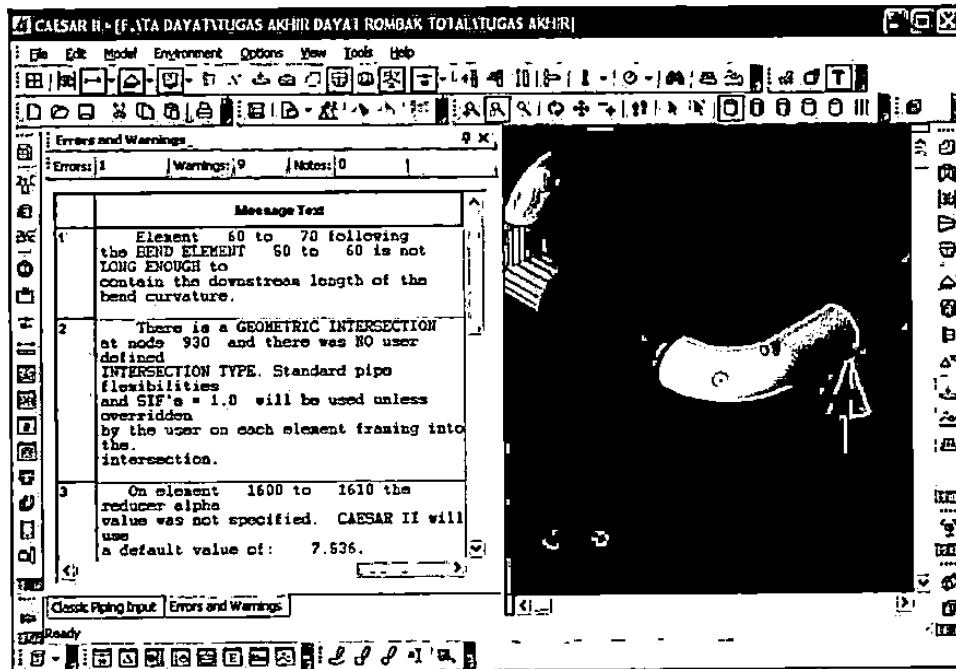
6.2.5 Revisi Data

Ada penambahan struktur pemodelan desain yang tidak terdapat pada gambar *isometrik* pada jalur pipa *Base Oil Line OB-89830/89833/89834/89835/89836/89837/89838/89839/89840/89841/89842/89843/89844/89845/-117-1*

dan penambahan data *variable anchor* yang tidak dijelaskan sebelumnya.

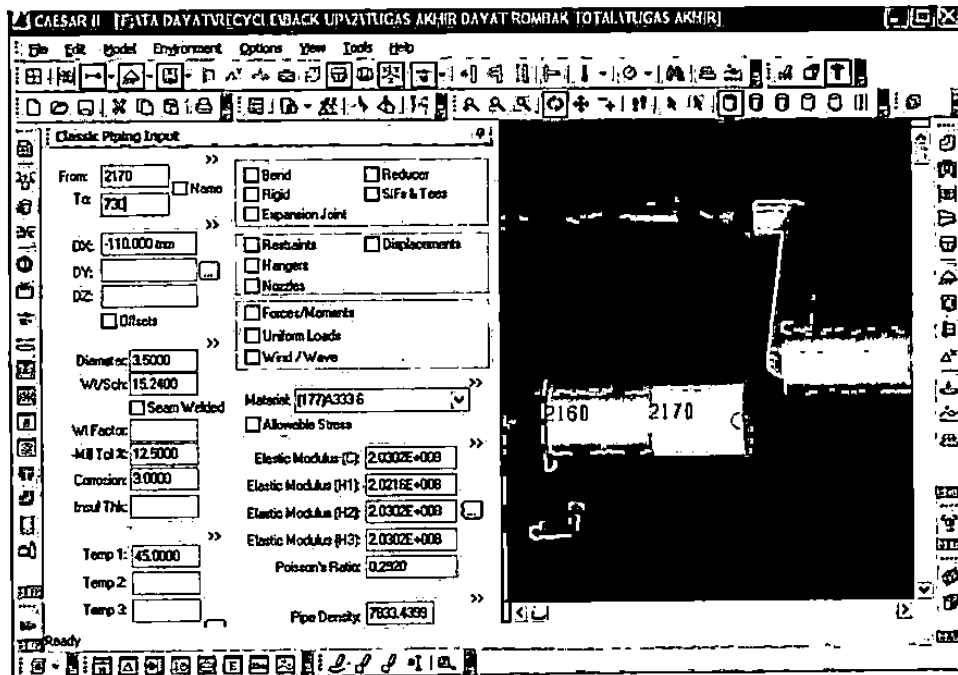
Penambahan data tersebut diantaranya adalah:

1. Revisi berupa penambahan panjang pipa pada pipa yang akan dibend agar nanti desain tidak terjadi *error* saat dilakukan *running check*, diantaranya adalah pipa pada *nodal 60 to 70* yang semula panjangnya 113 mm menjadi 114 mm, begitu juga dengan pipa pada *nodal 1840 to 1850, 1870 to 1880, 2080 to 2090, dan 2110 to 2120* dengan mengubah pipa yang semula



Gambar 6.5. Error Check pada nodal 60 to 70

2. Karena terjadi kesalahan pada beberapa komponen pada gambar isometri, maka beberapa ukuran diubah agar nantinya semua percabangan (*tee*) tersambung, salah satu percabangan (*tee*) yang tidak tersambung jika menggunakan gambar isometri yang berasal dari vendor adalah percabangan (*tee*) pada *nodal* 2170 to 730, sehingga beberapa komponen perpipaan perlu dilakukan modifikasi. komponen-komponen tersebut diantaranya adalah dengan melakukan pemotongan pipa sebesar 114 mm pada *nodal* 2010 to 2020 dan modifikasi pipa pada *nodal* 2040 to 2050



Gambar 6.6. Percabangan pada nodal 2170 to 730

Tabel 6.4. Data Revisi Jalur Pipa

Node		Panjang Awal (mm)	Panjang Akhir (mm)
60	70	113	114
1840	1850	113	114
1870	1880	113	114
2080	2090	113	114
2110	2120	113	114
2010	2020	2086	1970

6.2.6 Hasil Analisis Sebelum Modifikasi

Setelah dilakukan revisi pada jalur pipa, selanjutnya adalah melakukan

Tabel 6.5. Hasil Analisis Tegangan Sebelum Modifikasi

LoadCase	Code Stress (kPa)	Allowable Stress (kPa)	Rasio (%)	Nodal
L1 = WW+HP (HYD)	132621.9	0	0	1060
L2 = W+T1+P1 (OPE)	47074.2	0	0	1510
L3 = W+P1 (SUS)	64394.7	137892.0	46.7	1510
L4 = F1 (OCC)	38635.2	183396.4	21.1	1430
L5 = U1 (OCC)	28340.3	183396.4	15.5	2440
L6 = U2 (OCC)	116568.7	183396.4	63.6	2189
L7 = U3 (OCC)	51926.3	183396.4	28.3	2440
L8 = WIN1 (OCC)	10341.5	183396.4	11.4	910
L9 = WIN2 (OCC)	1273.4	113396.4	9.3	2250
L10 = L2-L3 (EXP)	7598.5	334301.9	2.3	1650
L11 = L2+L4 (OCC)	70193.9	183396.4	38.3	1430
L12 = L5+L6+L7 (OCC)	141057.5	183396.4	76.9	2189
L13 = L3+L12 (OCC)	141429.8	183396.4	77.1	2189
L14 = L10+L12 (OCC)	137850.6	183396.4	75.2	2189
L15 = L3+L8 (OCC)	64394.7	183396.4	35.1	1510
L16 = L3+L9 (OCC)	64394.7	183396.4	35.1	1510

Tabel 6.6. Hasil Analisis Defleksi Sebelum Modifikasi

Load Case	DX		DY		DZ		Deflesi Ijin (mm)
	Node	Besar (mm)	Node	Besar (mm)	Node	Besar (mm)	
L1 = WW+HP (HYD)	1538	3,8582	1520	-14,702	1538	1,8653	6,1722
L2 = W+TI+P1 (OPE)	1538	3,9866	1520	-14,8372	1239	-2,5215	6,1722
L3 = W+P1 (SUS)	1538	3,8202	1520	-14,5206	1930	1,828	6,1722
L4 = F1 (OCC)	1200	-0,7345	1240	1,8583	1750	1,4603	5,7658
L5 = U1 (OCC)	1520	21,5562	628	10,4197	850	1,8451	6,1722
L6 = U2 (OCC)	1500	21,9358	1520	48,4393	619	-7,0346	6,1722
L7 = U3 (OCC)	1970	60,801	1548	7,6686	1510	11,4468	6,1214
L8 = WIN1 (OCC)	910	5,5437	1499	0,5778	1479	-0,232	5,7658
L9 = WIN2 (OCC)	1278	-0,2122	2329	13,6448	2480	2,2973	5,7658
L10 = L2-L3 (EXP)	1210	-0,7642	230	0,35	1239	-2,3082	6,1722
L11 = L2+L4 (OCC)	1538	4,0151	1520	-14,7762	1538	3,743	6,1722
L12 = L5+L6+L7 (OCC)	1510	39,9059	628	60,9575	1979	11,1916	6,1722
L13 = L3+L12 (OCC)	1510	41,5986	628	60,4607	1979	12,7319	6,1722
L14 = L10+L12 (OCC)	1510	39,2788	620	61,0649	1979	11,8578	6,1722
L15 = L3+L8 (OCC)	1538	3,8202	1520	-14,5206	1930	1,828	6,1722
L16 = L3+L9 (OCC)	1538	3,8202	1520	-14,5206	1930	1,828	6,1722

Dari kedua tabel hasil analisis tegangan dan defleksi sebelum dilakukan modifikasi didapatkan rasio tegangan tertinggi adalah sebesar 77,1 %, karena rasio tegangan kurang dari 100 % maka tegangan dikategorikan aman dari *over stress*, namun defleksi yang terjadi melebihi defleksi maksimal yang harus terjadi pada jalur pipa, karena defleksi maksimal yang terjadi yaitu sebesar 60,96 mm sedangkan defleksi maksimal yang dikenakan adalah sebesar 5,7658 mm, sehingga pemodelan jalur pipa harus dilakukan modifikasi.

6.2.7 Modifikasi Jalur Pipa

Modifikasi jalur pipa diantaranya yaitu memberikan penambahan penyangga pipa (*pipe support*) yang digunakan untuk menurunkan tingginya angka gaya

beban *operating*, beban *occasional*, dan beban *expansion*. Beberapa penyangga dan jenis penyangga yang digunakan diantaranya terlihat pada tabel 6.5.

Tabel 6.7. Penyangga dan Jenis Penyangga

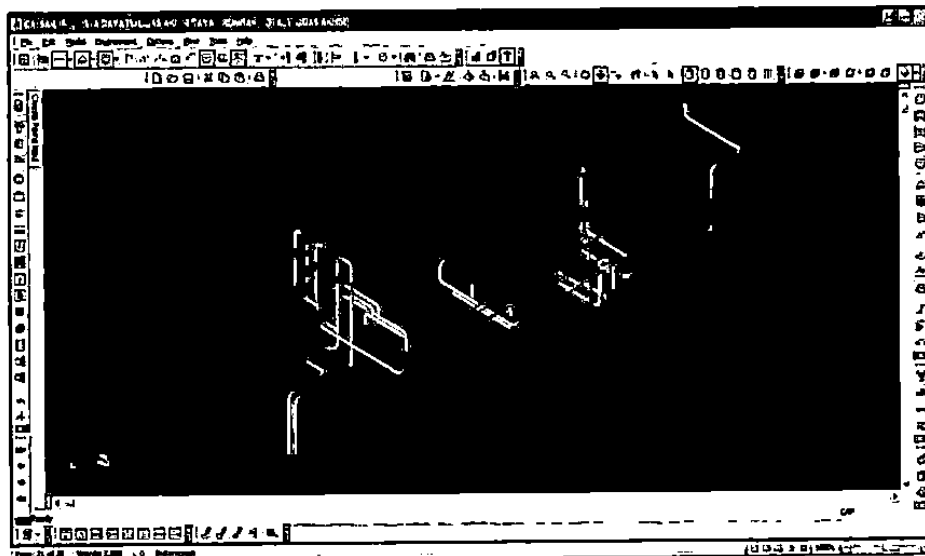
No	From Node	To Node	Restr Node	Type
1	30	40	40	+Y
2	110	120	120	+Y
3	200	210	210	+Y
4	230	220	220	Y & Guide
5	240	250	250	Y & Guide
6	250	260	260	+Y & Guide
7	380	390	390	+Y
8	470	480	480	X & Z
9	560	570	570	X & Z
10	590	600	600	+Y
11	610	620	620	-X, -Y & Guide
12	640	650	650	Y & Guide
13	650	660	660	Y & Guide
14	670	680	680	+Y
15	720	730	730	+Y
16	800	810	810	+Y
17	820	830	830	Y & Guide
18	830	840	840	+Y & Guide
19	910	920	920	+Y
20	990	1000	1000	X & Z
21	1070	1080	1080	X & Z
22	1170	1180	1180	+Y
23	1180	1190	1190	+Y & Guide
24	1190	1200	1200	+Y & Guide
25	1200	1210	1210	Y & Guide
26	1210	1220	1220	+Y & Guide
27	1220	1230	1230	+Y & Guide
28	1260	1270	1270	+Y & Z
29	1360	1370	1370	+Y
30	1460	1470	1470	+Y
31	1500	1510	1510	+Y & X
32	1510	1520	1520	Y & Guide

Tabel 6.7. Penyangga dan Jenis Penyangga (Lanjutan)

No	From Node	To Node	Restr Node	Type
33	1520	1530	1530	Y & Guide
34	1540	1550	1550	Guide & -Y
35	1580	1590	1590	X & Z
36	1670	1680	1680	X & Z
37	1750	1750	1750	+Y
38	1850	1860	1860	Y & Guide
39	1860	1870	1870	+Y, +Z & Guide
40	1930	1940	1940	Y & Guide
41	1940	1950	1950	Y & Guide
42	1970	1980	1980	+Y & Guide

6.3 Visualisasi Pemodelan Desain

Setelah semua data diolah maka pemodelan sudah dapat dilakukan dengan memasukkan data-data tersebut. Berikut ini adalah visualisasi pemodelan desain pada *Base Oil Line* OB-89830/89833/89834/89835/89836/89837/89838/89839/89840/89841/89842/89843/89844/89845/-117-1 di Ap-Greid Oil & Gas Design Course.



6.4 Analisis

Analisis dapat dilakukan setelah pemodelan yang dikerjakan tidak terjadi *error* pada saat pengecekan (*runing program*). Setelah itu perlu dilakukan *input data load case* yang telah didapatkan dari *vendor* dan diambil analisis tegangan dan defleksi pada *Base Oil Line* OB-89830/89833/89834/89835/89836/89837/89838/89839/89840/89841/89842/89843/89844/89845/-117-1 di Ap-Greid Oil & Gas Design Course adalah sebagai berikut.

6.4.1 Penentuan Tegangan

Berdasarkan dari hasil analisis Caesar II versi 5.00 didapat tegangan yang terjadi pada setiap *load case*, yaitu:

Tabel 6.8. Hasil Analisis Tegangan Maksimal

Load Case	Code Stress (kPa)	Allowable Stress (kPa)	Rasio (%)	Nodal
L1 = WW+HP (HYD)	130331.2	0	0	1150
L2 = W+T1+P1 (OPE)	57720.3	0	0	20
L3 = W+P1 (SUS)	40434.7	137892.0	29.3	1530
L4 = F1 (OCC)	33674.1	183396.4	18.4	1430
L5 = U1 (OCC)	27794.5	183396.4	15.2	2440
L6 = U2 (OCC)	34571.7	183396.4	18.9	2230
L7 = U3 (OCC)	36559.5	183396.4	19.9	2440
L8 = WIN1 (OCC)	20841.5	183396.4	11.4	809
L9 = WIN2 (OCC)	9673.4	183396.4	5.3	2250
L10 = L2-L3 (EXP)	39802.7	318775.3	12.5	20
L11 = L2+L4 (OCC)	70372.3	183396.4	38.4	20
L12 = L5+L6+L7 (OCC)	54881.9	183396.4	29.9	2440
L13 = L3+L12 (OCC)	83953.4	183396.4	45.8	2440
L14 = L10+L12 (OCC)	61312.0	183396.4	33.4	2440
L15 = L3+L8 (OCC)	41056.5	183396.4	22.4	1530
L16 = L3+L9 (OCC)	42023.8	183396.4	23.4	730

Dari Tabel 6.5 dapat dilihat hasil analisis tegangan maksimum setelah dilakukan modifikasi terjadi pada *load case* 1 sebesar 130331.2 kPa yang diakibatkan oleh beban *hydrottest*, dengan *allowable stress* sebesar 0 kPa dan rasio sebesar 0 % serta terjadi pada *nodal* 1150, sedangkan rasio tegangan terbesar terjadi pada *load case* 13 dengan rasio tegangan sebesar 45.8% dan terjadi pada *nodal* 2440 akibat beban *occasional*.

6.4.2 Penentuan Defleksi

Berdasarkan dari hasil analisis Caesar II versi 5.00 didapat defleksi yang terjadi pada setiap *load case*, yaitu:

Tabel 6.9. Hasil Analisis Defleksi Maksimal

<i>Load Case</i>	DX		DY		DZ	
	Node	Besar (mm)	Node	Besar (mm)	Node	Besar (mm)
L1 = WW+HP (HYD)	589	-0,702	1769	0,7407	590	-1,6977
L2 = W+T1+P1 (OPE)	589	-1,0054	1770	0,7054	1238	-1,8649
L3 = W+P1 (SUS)	589	-0,699	1769	0,7455	590	-1,6973
L4 = F1 (OCC)	819	-0,3771	1300	0,7136	2090	-0,8306
L5 = U1 (OCC)	2520	1,695	1499	0,4872	1479	-0,2392
L6 = U2 (OCC)	1499	1,844	1240	4,8224	2548	-1,6464
L7 = U3 (OCC)	819	0,472	2328	0,6326	830	3,6932
L8 = WIN1 (OCC)	819	3,4827	1499	0,5778	1479	-0,232
L9 = WIN2 (OCC)	1278	-0,2122	2329	0,3148	2480	2,2973
L10 = L2-L3 (EXP)	1278	0,5399	1288	0,4064	1239	-1,8777
L11 = L2+L4 (OCC)	589	-0,9094	1288	0,9505	1499	-1,7152
L12 = L5+L6+L7 (OCC)	819	2,3948	1240	4,8637	830	3,712
L13 = L3+L12 (OCC)	819	2,0806	2518	4,7381	868	3,947
L14 = L10+L12 (OCC)	819	2,7127	2500	4,8352	2469	4,5371
L15 = L3+L8 (OCC)	820	3,1708	1770	0,7578	590	-1,5887
L16 = L3+L9 (OCC)	1499	-0,7187	1620	-0,5233	2498	2,5926

Dari Tabel 6.6 dapat dilihat hasil analisis defleksi maksimum setelah

819 sebesar 3,4827 mm yang diakibatkan oleh beban angin, pada sumbu Y (Dy) terjadi pada *load case* 12 pada *nodal* 1240 sebesar 4,8637 mm yang diakibatkan oleh gabungan antara *load case* 5, *load case* 6, dan *load case* 7 (beban *occasional*), dan pada sumbu Z (Dz) defleksi maksimal terjadi pada *load case* 14 pada *nodal* 2469 sebesar 4,5371 mm yang diakibatkan oleh *load case* 10 dan *load case* 12 (beban *occasional*).

Tabel 6.10. Hasil Perbandingan Defleksi yang Terjadi (Dibandingkan Dengan *Spans Of Horizontal Pipa*)

Load Case	Sumbu	Node	NPS	Schedules	Pipe Span		Defleksi (mm)	Maximum Defleksi (mm)
					Ft	In		
L8=WIN1 (OCC)	Dx	819	2"	40	20	11,53	3,4827	5,842
L12=L5+L6+L7 (OCC)	Dy	1240	3"	40	25	3,65	4,8637	5,7658
L14=L10+L12 (OCC)	Dz	2469	3"	40	25	3,65	4,5371	5,7658

Tabel 6.11. Spans Of Horizontal Pipe
(Sherwood, 1973)

SPANS OF HORIZONTAL PIPE

THESE TABLES GIVE SPANS SUITABLE FOR PIPE ARRANGED IN PIPEWAYS, AND APPLY WHEN THE SPAN IS PART OF A STRAIGHT PIPE, WITH TWO OR MORE SPANS AT EACH END.

TABLE S-1

FOR VALUES OF BENDING STRESS & MODULUS, REFER TO CHARTS 3-4

STEEL PIPE, SCHEDULE 10

NOMINAL PIPE SIZE	PIPE SPAN*		WEIGHT OF WATER-FILLED PIPE PER CU. FT.	MAXIMUM DEFLECTION* (in.)
	ft.	in.		
1.0-INCH	15	8.77	48	0.236
1.5-INCH	19	5.28	105	0.243
2.0-INCH	21	6.79	182	0.243
2.5-INCH	23	9.87	275	0.245
3.0-INCH	26	3.66	478	0.245
4.0-INCH	29	9.30	733	0.245
5.0-INCH	36	2.01	1,970	0.245
6.0-INCH	47	2.89	3,737	0.245
10.0-INCH	45	11.75	6,165	0.244
12.0-INCH	50	0.40	9,801	0.244
14.0-INCH	52	4.67	12,186	0.243
16.0-INCH	56	0.49	16,875	0.244
18.0-INCH	59	5.15	22,532	0.244
20.0-INCH	62	8.17	19,166	0.244
24.0-INCH	63	7.74	45,723	0.244

STEEL PIPE, SCHEDULE 20

NOMINAL PIPE SIZE	PIPE SPAN*		WEIGHT OF WATER-FILLED PIPE PER CU. FT.	MAXIMUM DEFLECTION* (in.)
	ft.	in.		
8.0-INCH	54	6.45	1,553	0.172
10.0-INCH	38	4.22	3,324	0.152
12.0-INCH	37	9.18	3,199	0.159
14.0-INCH	41	0.54	4,505	0.149
16.0-INCH	42	4.07	5,535	0.159
18.0-INCH	43	2.92	6,924	0.159
20.0-INCH	46	7.22	9,553	0.155
24.0-INCH	48	2.35	13,437	0.120
30.0-INCH	53	11.59	24,415	0.125

STEEL PIPE, SCHEDULE 40

NOMINAL PIPE SIZE	PIPE SPAN*		WEIGHT OF WATER-FILLED PIPE PER CU. FT.	MAXIMUM DEFLECTION* (in.)
	ft.	in.		
1.0-INCH	15	1.05	40	0.244
1.5-INCH	19	4.23	85	0.245
2.0-INCH	21	8.49	136	0.243
2.5-INCH	23	9.02	225	0.244
3.0-INCH	26	0.65	382	0.241
4.0-INCH	29	3.07	584	0.235
5.0-INCH	35	0.22	1,396	0.230
6.0-INCH	39	4.67	2,459	0.223
10.0-INCH	45	8.21	4,172	0.229
12.0-INCH	47	5.25	6,250	0.232
14.0-INCH	49	9.95	7,883	0.220
16.0-INCH	52	10.78	10,334	0.217
18.0-INCH	56	0.58	14,515	0.217
20.0-INCH	59	0.02	19,726	0.216
24.0-INCH	64	5.45	23,341	0.215

STEEL PIPE, SCHEDULE 60

NOMINAL PIPE SIZE	PIPE SPAN*		WEIGHT OF WATER-FILLED PIPE PER CU. FT.	MAXIMUM DEFLECTION* (in.)
	ft.	in.		
1.0-INCH	15	11.74	29	0.240
1.5-INCH	18	5.62	56	0.223
2.0-INCH	19	11.77	84	0.209
2.5-INCH	21	7.24	127	0.202
3.0-INCH	22	10.63	182	0.186
4.0-INCH	24	5.31	288	0.164
5.0-INCH	27	5.75	432	0.142
6.0-INCH	29	9.72	1,103	0.124
10.0-INCH	32	0.33	1,782	0.119
12.0-INCH	33	21.37	2,582	0.122
14.0-INCH	38	5.23	3,803	0.131
16.0-INCH	39	4.59	4,846	0.120
18.0-INCH	40	1.82	6,087	0.121
20.0-INCH	40	8.77	7,154	0.103
24.0-INCH	41	9.43	10,530	0.098

ALUMINUM PIPE, SCHEDULE 40

NOMINAL PIPE SIZE	PIPE SPAN*		WEIGHT OF WATER-FILLED PIPE PER CU. FT.	MAXIMUM DEFLECTION* (in.)
	ft.	in.		
1.0-INCH	27	4.67	18	0.414
1.5-INCH	20	2.26	42	0.336
2.0-INCH	23	0.19	66	0.367
2.5-INCH	24	5.26	110	0.379
3.0-INCH	26	4.25	169	0.357
4.0-INCH	28	11.94	295	0.336
6.0-INCH	33	11.69	719	0.334
8.0-INCH	37	6.33	1,306	0.294
10.0-INCH	37	8.62	1,736	0.264

STEEL PIPE, SCHEDULE 40

NOMINAL PIPE SIZE	PIPE SPAN*		WEIGHT OF WATER-FILLED PIPE PER CU. FT.	MAXIMUM DEFLECTION* (in.)
	ft.	in.		
1.0-INCH	16	1.07	33	0.244
1.5-INCH	19	0.49	89	0.237
2.0-INCH	20	11.55	107	0.230
2.5-INCH	23	3.20	183	0.234
3.0-INCH	25	3.65	273	0.227
4.0-INCH	28	1.01	458	0.228
6.0-INCH	32	10.37	1,035	0.202
8.0-INCH	36	7.40	1,836	0.193
10.0-INCH	40	0.55	2,987	0.185
12.0-INCH	42	11.44	4,386	0.180
14.0-INCH	44	11.52	5,403	0.173
16.0-INCH	47	19.83	7,640	0.178
18.0-INCH	50	10.65	10,280	0.179
20.0-INCH	52	11.02	12,880	0.174

ALUMINUM PIPE, SCHEDULE 40

NOMINAL PIPE SIZE	PIPE SPAN*		WEIGHT OF WATER-FILLED PIPE PER CU. FT.	MAXIMUM DEFLECTION* (in.)
	ft.	in.		
1.0-INCH	16	8.12	15	0.381
1.5-INCH	18	11.37	34	0.354
2.0-INCH	20	5.81	53	0.313
2.5-INCH	22	13.39	73	0.327
3.0-INCH	24	4.06	142	0.305
4.0-INCH	26	4.45	244	0.270
6.0-INCH	29	10.15	569	0.242
8.0-INCH	32	3.17	1,029	0.223
10.0-INCH	35	5.12	1,695	0.208