

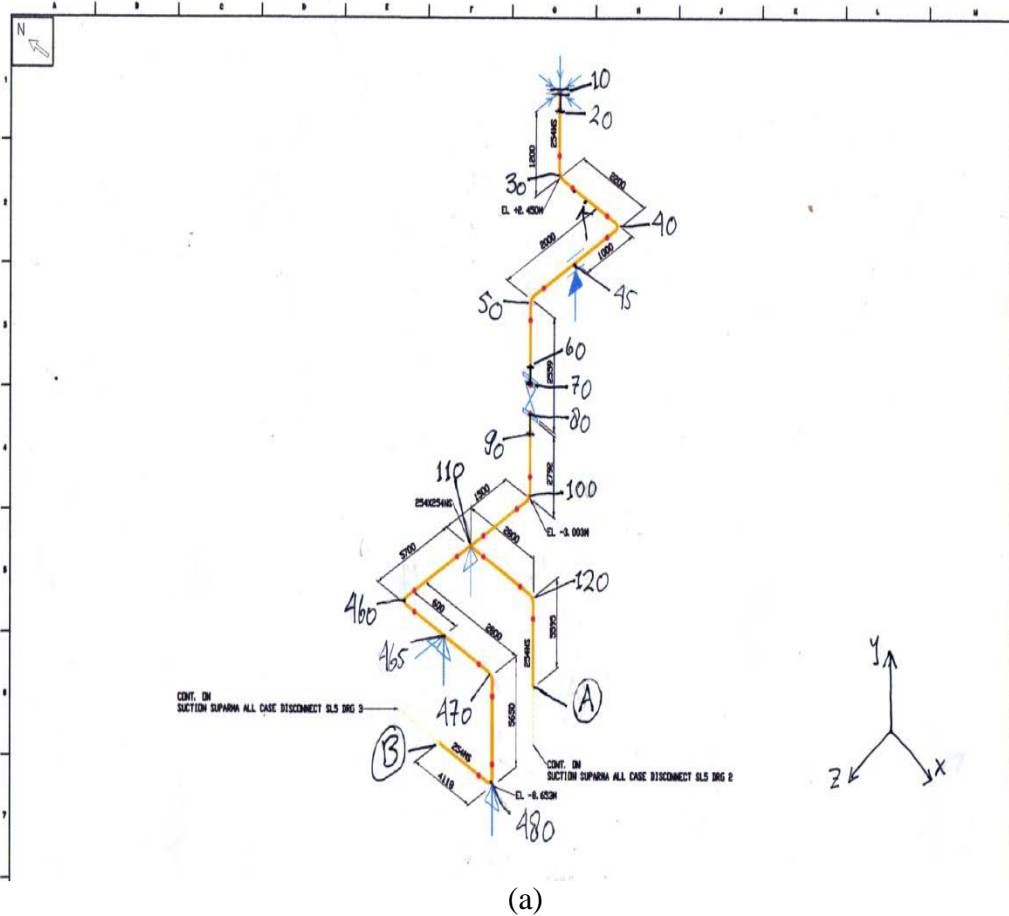
BAB IV PEMBAHASAN DAN HASIL

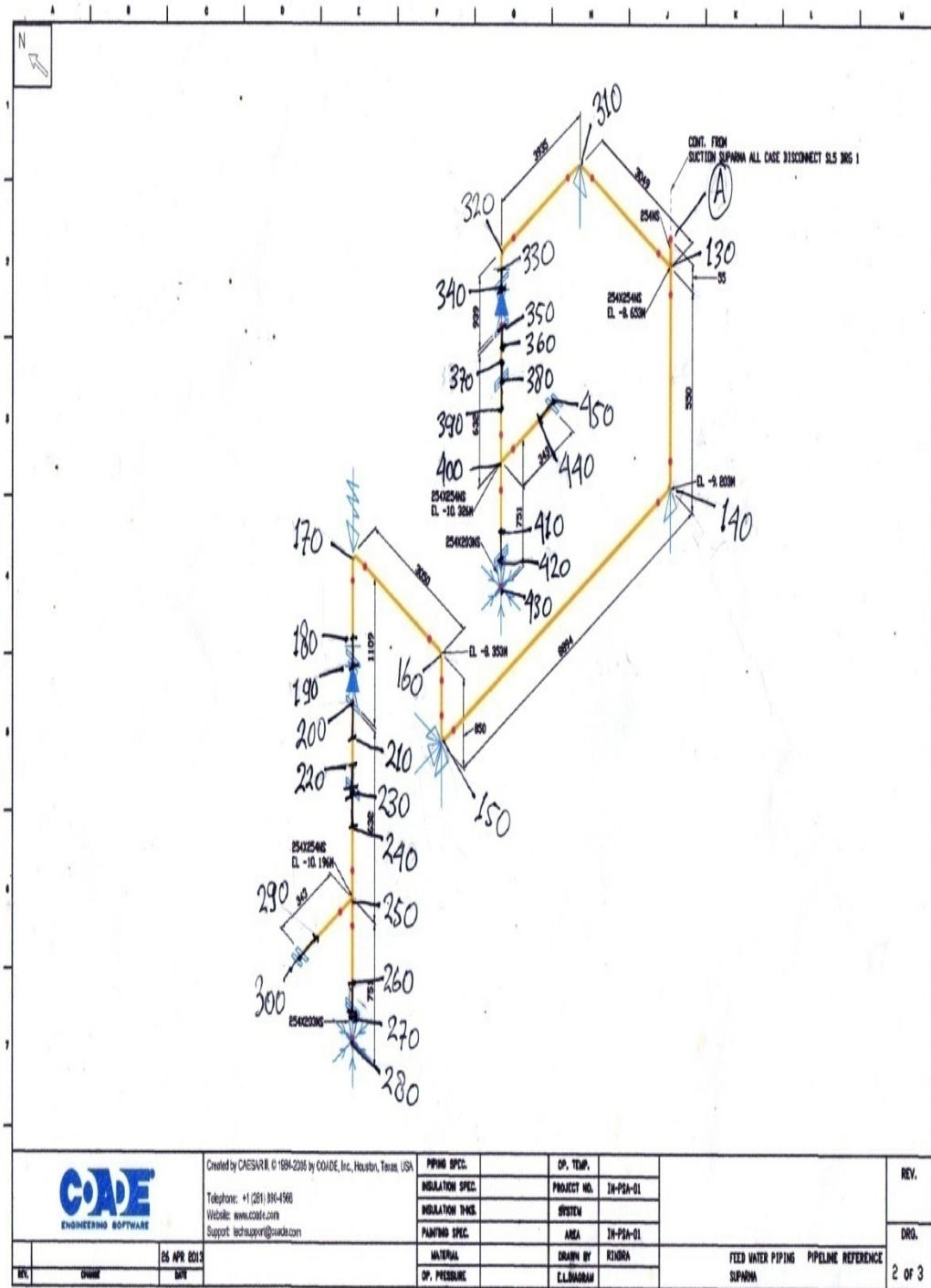
4.1. Persiapan Permodelan


Setelah data-data jalur pipa *suction feed water* Takuma boiler milik PT SUPARMA didapatkan. Perlu dilakukan pengolahan data terlebih dahulu dari data-data yang didapat untuk mempermudah dalam melakukan pemodelan. Berikut adalah hasil olah data yang dilakukan untuk pemodelan jalur pipa *suction feed water* Takuma boiler milik PT SUPARMA.

4.1.1. Penomoran pada Gambar Isometris

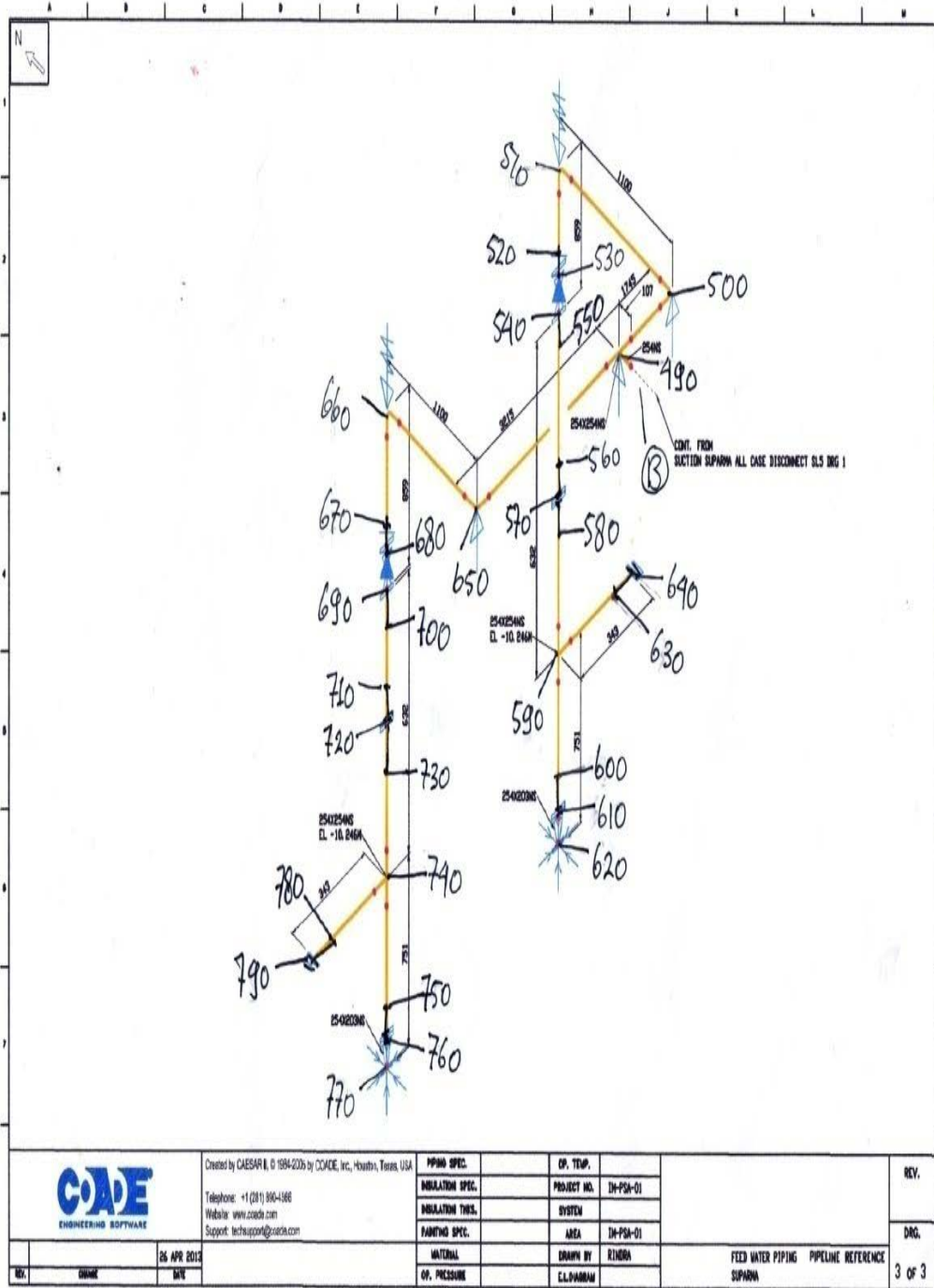
Pada gambar isometris perlu dilakukan penomoran untuk menentukan titik-titik jarak pipa atau support sehingga memudahkan dalam pemodelan seperti gambar 4.1. berikut.





	Created by CAESAR II, © 1984-2005 by COADE, Inc., Houston, Texas, USA Telephone: +1 (281) 816-4566 Website: www.coade.com Support: techsupport@coade.com	PIPING SPEC.	OP. TEMP.	FEED WATER PIPING PIPELINE REFERENCE SUPRVA	REV.
		INSULATION SPEC.	PROJECT NO.		IN-P2A-01
		INSULATION THICK.	SYSTEM		
		PAINTING SPEC.	AREA	IN-P2A-01	
	25 APR 2013	MATERIAL	DRAWN BY	REINRA	
DRW	MR	OP. PRESSURE	ELLABRAM		2 of 3

(b)



(c)

Gambar 4.1. Penomoran pada gambar isometric

4.1.2. Data Proses

Data proses merupakan rangkuman data dari data 3D *Modeling Piping System* atau *Isometric Drawing, Piping Classes Specification, Line list*, dan *Data Relief Valve*. Berikut ini data proses sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Rincian Data

No	Deskripsi	Unit	Data
1	Material Pipa		ASTM A 106 Gr b
2	Suhu Ambien	°C	30
3	Suhu Operating T1	°C	170
4	Tekanan Jalur P1	barg	7,85
5	Fluid Density	kg/m ³	818
6	Corrosion Allowance	mm	3,175
7	Sumbu Koordinat		
	Sumbu Vertikal		Y
	Sumbu Horisontal		X, Z
8	Beban Angin		
	Max. Wind Speed	m/s	32
	Wind Shaped Factor		0,8
	Direction of Wind		X, Z
9	Beban Gempa		
	Arah Vertikal	g	0.4
	Arah Horisontal	g	0.4
10	Rating Fitting	lb	150
11	Insulation Thickness	mm	20
12	Wall Thickness		
	Pipa 10"	mm	15,1

4.1.3. Nomer Pemodelan (nodal)

Nomer pemodelan (nodal) merupakan data lengkap dari sistem perpipaan yang dibuat dalam Microsoft Excel guna memudahkan dalam pemodelan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Nomer Pemodelan

(a)

No	Nodal		Deskripsi Komponen	NPS	Rating	Tebal dinding (mm)	Panjang (mm)			Berat Komponen (kg)	Berat Lain (kg)	Berat Total (kg)	Ket
	Caesar	Cnode					DX	DY	DZ				
1	10	20	WN Flange	0" ¹	150			-106		24.5	7.75	32.25	Restrain ANC di Nod 10
2	20	30	Pipa			15.1		-1094					
3	30	40	Pipa			15.1	2200						
4	40	45	pipa			15.1			1000				Restrain +Y di Nod 45
5	45	50	Pipa			15.1			1000				
6	50	60	Pipa			15.1		-2123					
7	60	70	WN Flange		150			-106		24.5	7.75	32.25	
8	70	80	Flange gate valve					-330				197	
9	80	90	WN Flange		150			-106		24.5	7.75	32.25	
10	90	100	Pipa			15.1		-2686					
11	100	110	Pipa			15.1			1500				Restrain +Y di Nod 110
12	110	120	Pipa			15.1	2800						
13	120	130	Pipa			15.1		-5595					
14	130	140	Pipa			15.1		-550					Restrain +Y di Nod 140
15	140	150	Pipa			15.1			8894				Restrain +Y -Z +X di Nod 150
16	150	160	Pipa			15.1		850					

(b)

17	160	170		Pipa			15.1	-3050						
18	170	180		Pipa			15.1		-673					
19	180	190		WN Flange		150			-106		24.5	7.75	32.25	
20	190	200		Flange gate valve					-330				197	
21	200	210		WN Flange		150			-106		24.5	7.75	32.25	
22	210	220		pipa			15.1		-104					
23	220	230		WN Flange		150			-106		24.5	7.75	32.25	
24	230	240		WN Flange		150			-106		24.5	7.75	32.25	
25	240	250		Pipa			15.1		-210					
26	250	260		Pipa			15.1		-467					
27	260	270		WN Flange		150			-106		24.5	7.75	32.25	
28	270	280	250	Reducer 10 x 8			9		-178				10.7	
29	250	290		pipa			15.1			237				
30	290	300	130	WN Flange		150				106	24.5	7.75	32.25	
31	130	310		Pipa			15.1	-3049						Restrain +Y di Nod 310
32	310	320		Pipa			15.1			3935				
33	320	330		Pipa			15.1		-503					
34	330	340		WN Flange		150			-106		24.5	7.75	32.25	
35	340	350		Flange gate valve					-330				197	
36	350	360		WN Flange		150			-106		24.5	7.75	32.25	
37	360	370		pipa			15.1		-104					
38	370	380		WN Flange		150			-106		24.5	7.75	32.25	

(c)

39	380	390		WN Flange		150			-106		24.5	7.75	32.25	
40	390	400		Pipa			15.1		-210					
41	400	410		Pipa			15.1		-467					
42	410	420		WN Flange		150			-106		24.5	7.75	32.25	
43	420	430	400	Reducer 10 x 8			9		-178				10.7	
44	400	440		pipa			15.1			-237				
45	440	450	110	WN Flange		150			-106		24.5	7.75	32.25	
46	110	460		Pipa			15.1			5700				
47	460	465		Pipa			15.1	600						Restrain +Y +X di Nod 465
48	465	470		Pipa			15.1	2200						
49	470	480		Pipa			15.1		-5650					Restrain +Y di Nod 480
50	480	490		pipa			15.1	-4118						Restrain +Y di Nod 490
51	490	500		pipa			15.1			-				Restrain +Y di Nod 500
52	500	510		Pipa			15.1	-1100		1745				
53	510	520		Pipa			15.1		-423					
54	520	530		WN Flange		150			-106		24.5	7.75	32.25	
55	530	540		Flange gate valve					-330				197	
56	540	550		WN Flange		150			-106		24.5	7.75	32.25	
57	550	560		pipa			15.1		-104					
58	560	570		WN Flange		150			-106		24.5	7.75	32.25	
59	570	580		WN Flange		150			-106		24.5	7.75	32.25	

(d)

60	580	590		Pipa			15.1		-210					
61	590	600		Pipa			15.1		-467					
62	600	610		WN Flange		150			-106		24.5	7.75	32.25	
63	610	620	590	Reducer 10 x 8			9		-178				10.7	
64	590	630		pipa			15.1			237				
65	630	640	490	WN Flange		150				106	24.5	7.75	32.25	
66	490	650		Pipa			15.1			32 15				Restrain +Y di Nod 650
67	650	660		Pipa			15.1	-1100						
68	660	670		Pipa			15.1		-423					
69	670	680		WN Flange		150			-106		24.5	7.75	32.25	
70	680	690		Flange gate valve					-330				197	
71	690	700		WN Flange		150			-106		24.5	7.75	32.25	
72	700	710		pipa			15.1		-104					
73	710	720		WN Flange		150			-106		24.5	7.75	32.25	
74	720	730		WN Flange		150			-106		24.5	7.75	32.25	
75	730	740		Pipa			15.1		-210					
76	740	750		Pipa			15.1		-467					
77	750	760		WN Flange		150			-106		24.5	7.75	32.25	
78	760	770	740	Reducer 10 x 8			9		-178				10.7	
79	740	780		pipa			15.1			237				
80	780	790		WN Flange		150				106	24.5	7.75	32.25	

4.1.4. Pengaturan Unit Satuan Pada *Software Caesar II*

Pengaturan unit satuan yaitu metode pendekatan satuan, yang bertujuan untuk menyesuaikan satuan yang digunakan dengan satuan yang tersedia pada program Caesar II. Sebagaimana ditunjukkan pada tabel 4.3. dalam hal ini satuan yang digunakan adalah “User” dengan pendekatan satuan “MM”.

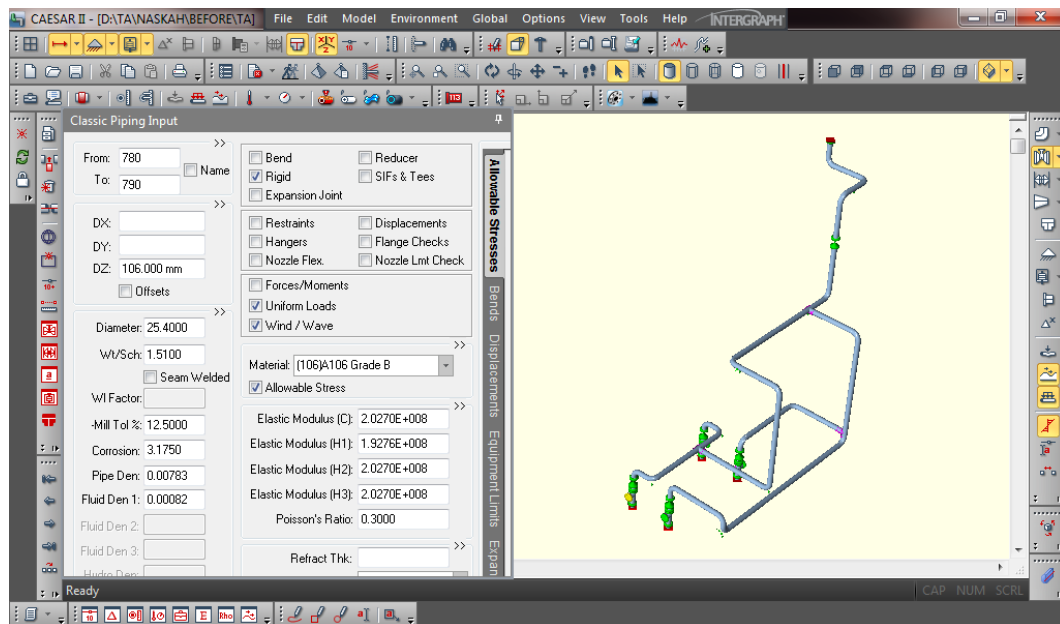
Tabel 4.3. satuan-satuan yang tersedia pada program Caesar II

No.	Besaran	Caesar	English	MM	SI	TUV	MM	User
1	<i>Length</i>	in	In	mm	cm	Mm	Mm	Mm
2	<i>Force</i>	lb	Lb	N	N	N	N	N
3	<i>Mass dynamics</i>	lb	Lb	kg	kg	Kg	Kg	Kg
4	<i>Moment input</i>	in.lb	in.lb	N.m	N.m	N.m	N.m	N.m
5	<i>Moment output</i>	in.lb	in.lb	N.m	N.m	N.m	N.m	N.m
6	<i>Stress</i>	psi	psi	kPa	kPa	N/mm2	kPa	kPa
7	<i>Rotation</i>	degree	degree	degree	degree	Degree	Degree	Degree
8	<i>Temperature</i>	F	F	C	C	C	C	C
9	<i>Pressure</i>	psi	psi	kPa	kPa	Bar	kPa	Bar
10	<i>Elastic Modulus</i>	psi	psi	kPa	kPa	N/mm2	kPa	kPa
11	<i>Pipe Density</i>	lb/cu.in	lb/cu.in	kg/cm3	kg/cm3	kg/cm3	kg/cm3	kg/m3
12	<i>Insulation Density</i>	lb/cu.in	lb/cu.in	kg/cm3	kg/cm3	kg/cm3	kg/cm3	kg/m3
13	<i>Fluid Density</i>	lb/cu.in	lb/cu.in	kg/cm3	kg/cm3	kg/cm3	kg/cm3	kg/m3
14	<i>Elevation</i>	in	ft	m	m	Mm	M	M
15	<i>Diameter</i>	in	in	mm	cm	Mm	Mm	In
16	<i>Thickness</i>	in	in	mm	cm	Mm	Mm	Mm

4.2. Pemodelan dengan *Caesar II*

Adapun langkah-langkah pengimputan data dan pemodelan sistem perpipaan pada Caesar sebagai berikut :

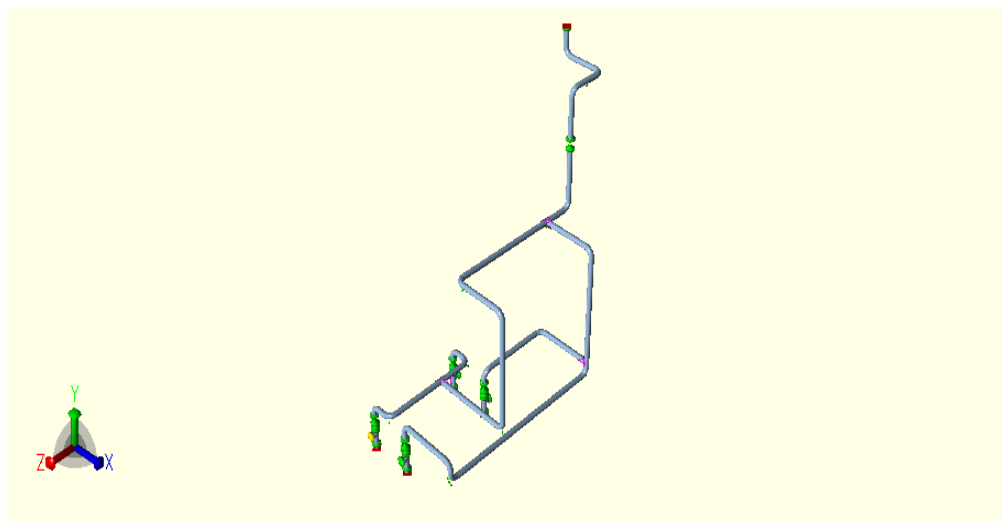
1. Pilih File – New.
 - Di dalam kotak *New Job Name Specification* ketik nama sebagai identifikasi nama file, pilih *Piping Input* kemudian Ok.
2. Selanjutnya akan muncul *spreadsheet* yang berfungsi untuk menginput data sekaligus pemodelan sistem perpipaan. Data-data yang diisikan sesuai dengan data sistem perpipaan yang telah ada, seperti pipa, elbow, support, beban gempa dan angin. Setelah seluruh data dimodelkan maka *Pipe Lines Suction Feed Water Takuma Boiler* akan terlihat sebagaimana ditunjukkan pada gambar 4.2. berikut.



Gambar 4.2. Pemodelan dengan Caesar II.

4.3. Visualisasi pemodelan desain

Langkah awal untuk memulai analisis tegangan, defleksi, dan kebocoran *flange* pada pipa *Lines Suction Feed Water Takuma Boiler* ditandai dengan adanya visualisasi pemodelan desain. visualisasi pemodelan desain adalah hasil dari pengolahan dan pendesainan data-data keseluruhan yang telah diterangkan menggunakan perangkat lunak *software Caesar II* versi 7.0. Visualisasi tersebut dapat dilihat sebagaimana ditunjukkan pada gambar 4.3. di bawah ini.



Gambar 4.3. Pipe Lines Suction Feed Water Takuma Boiler

4.4. Analisis sebelum modifikasi

4.4.1. Analisis Tegangan Pipa (*Stress Summary*)

Setelah melakukan pemodelan di Caesar II dan memasukkan data-data lainnya maka kita bisalangsung melakukan analisis tegangan. Analisis ini di tunjukkan untuk mengetahui ada atau tidaknya *over stress* pada *Pipe Lines Suction Feed Water Takuma Boiler* dengan membandingkan *code stress ratio* yang dipengaruhi besaran gaya dan momen X, Y, Z terhadap *stresses allowable*.

Terdapat 13 *loadcase* pada jalur *Pipe Lines Suction Feed Water Takuma Boiler* sehingga *analisis high stresses summary*-nya dapat dilihat pada tabel 4.4. berikut.

Tabel 4.4. *Analisis High Stresses Summary* sebelum modifikasi

<i>Load Case</i>	<i>Code Stress (kPa)</i>	<i>Allowable Stress (kPa)</i>	<i>Rasio (%)</i>	<i>Nodal</i>
L1=WW+HP (HYD)	15878.91	217184.9	7.3	140
L2=W+T1+P1 (OPE)	93824.48	-	-	770
L3=W+P1 (SUS)	11637.25	117900.3	9.9	140
L4=U1 (OCC)	64758.97	135585.4	47.8	430
L5=U2 (OCC)	33381.02	135585.4	24.6	28
L6=U3 (OCC)	26187.27	135585.4	19.3	770
L7WIN1 (OCC)	14061.8	135585.4	10.4	430
L8=WIN2 (OCC)	5736.368	135585.4	4.2	770
L9=L2 – L3 (EXP)	92825.57	293163.9	31.7	770
L10=L4+L5+L6 (OCC)	69847.27	135585.4	51.5	430
L11=L3+L10 (OCC)	70592.73	135585.4	52.1	430
L12=L3+L7 (OCC)	15801.96	135585.4	11.7	430
L13=L3+L8 (OCC)	10745.97	135585.4	7.9	140

Jika di lihat dari tabal analisa tegangan di atas, Presentase *ratio* tegangan pipa tertinggi adalah *load case* ke 11 sebesar 52,1 % dengan *code stress* 70592,73 kPa dan *allowable stress* 135585,4 kPa di nodal 430. Berdasarkan tabel *analisis high stresses summary*, *load case* ke 11 adalah beban *occational*.

4.4.2. Analisis defleksi pipa

Untuk mengetahui ada atau tidaknya defleksi yang melebihi defleksi maksimum yang diijinkan maka perlu dilakukan analisis defleksi, dengan defleksi maksimum yang diijinkan yaitu 0,244 inch. Table 4.5. menunjukkan hasil analisis defleksi pada *Pipe Lines Suction Feed Water Takuma Boiler*.

Table 4.5. Defleksi maksimum tiap *load case* sebelum modifikasi

Load case	DX		DY		DZ	
	Nodal	DX (in)	Nodal	DY (in)	Nodal	Dz (in)
L1=WW+HP (HYD)	139	0.0177	490	-0.0185	160	-0.0268
L2=W+T1+P1 (OPE)	478	0.4782	119	0.4447	139	-0.6194
L3=W+P1 (SUS)	139	0.0172	490	-0.018	160	-0.0259
L4=U1 (OCC)	460	1.1515	458	0.3724	40	-0.1376
L5=U2 (OCC)	468	-0.649	470	0.9136	120	0.1896
L6=U3 (OCC)	460	-0.23	478	0.0923	478	0.1859
L7=WIN1 (OCC)	460	0.2329	458	0.0739	40	-0.0294
L8=WIN2 (OCC)	460	-0.082	478	0.0326	478	0.0585
L9=L2 – L3 (EXP)	478	0.478	119	0.4391	138	-0.6249
L10=L4+L5+L6 (OCC)	99	0.8905	459	1.1196	478	0.2313
L11=L3+L10 (OCC)	99	0.8942	459	1.1176	478	0.2326
L12=L3+L7 (OCC)	460	0.2251	459	0.0712	60	-0.0313
L13=L3+L8 (OCC)	460	-0.09	478	0.0331	478	0.0599

Dari data defleksi yang didapatkan terdapat defleksi yang melebihi defleksi maksimal yang diijinkan, misalkan pada nodal 460 load case4 yang memiliki nilai defleksi sebesar 1.1515 in dan masih ada lagi seperti pada tabel di atas..

4.4.3. Analisis kebocoran flange

Analisis kebocoran *flange* bertujuan untuk mengetahui seberapa besar beban gaya dan momen yang diterima oleh *flange* sehingga menyebabkan kebocoran atau tidak pada *Pipe Lines Suction Feed Water Takuma Boiler* dengan membandingkan antara tekanan equivalen (P_{eq}) yang dipengaruhi besaran gaya dan momen X, Y, Z terhadap P_{ASME} (*maximum allowable working pressure*).

Pada *line pipe suction feed water* Takuma boiler milik PT SUPARMA ini terdapat total 23 *flange*, sehingga analisa kebocoran *flange* mengambil satu *sample* yang ada untuk dianalisa yaitu pada nodal 10. Tabel 4.6. ini menginformasikan besar *moment* dan gaya, serta *ratio* dan report dari hasil analisis yang diterima tiap *node* pada jalur pipa *suction feed water* Takuma boiler milik PT SUPARMA.

Berikut adalah contoh hasil analisa dari satu *flange* yang tersedia dan telah dianalisa, untuk 22 *flange* yang lain terdapat di lampiran.

Tabel 4.6. Data pengecekan kebocoran *flange*

(a)

Line No.	Piping Class	Node	Dia. (in.)	Rating (#)	Gasket Type	Gasket Out. Dia. a1 (mm)	Joint Width J (mm)	Case No.	Temp (°C)	Mat	Flange Axial Direct	Calculation Load						
												Force			Moment			
												Fx (N)	Fy (N)	Fz (N)	Mx (N.m)	My (N.m)	Mz (N.m)	
SUCTION	B31.1	760	10"	150	flat	340		L1	170	CS	Y	12	1064	-166	-88.3	406.6	-126	
					flat			L2			CS	Y	-35	2447	-4205	-22661	9302.8	3745
					flat			L3			CS	Y	12	1056	-160	-86.2	393.6	-122.3
					flat			L4			CS	Y	-1453	-654	421	1811	267.2	5463
					flat			L5			CS	Y	98	-1342	83	-452.4	-361.1	-7792
					flat			L6			CS	Y	539	156	-1318	-5673	1138.4	-3445
					flat			L7			CS	Y	-246	-98	81	341.3	48.3	937.4
					flat			L8			CS	Y	159	32	-229	-1035	194.4	-1060
					flat			L9			CS	Y	-48	1391	-4044	-22574	8909.2	3868
					flat			L10			CS	Y	-816	-1840	-815	-4314	1044.4	-5774
					flat			L11			CS	Y	-804	-784	-975	-4401	1438	-5896
					flat			L12			CS	Y	-234	959	-79	255.1	441.9	815.1
					flat			L13			CS	Y	171	1089	-390	-1121	587.9	-1182

(b)

Axial Force FA (DaN)	Bending Moment Mf (DaN.m)	Average Diameter G (mm)	Equivalent Pressure Peq ₁ (bar)	Oper. Pressure P (bar)	β_1	$(Peq_1+P)/\beta_1$ (bar)	P _{ASME} (bar)	Ratio	Status
106.40	15.39	304	0.43	7.85	4.3	1.92	15.86	12.13%	Passed
244.70	2296.79	304	41.97	7.85	4.3	11.59	15.86	73.06%	Passed
105.60	14.96	304	0.42	7.85	4.3	1.92	15.86	12.12%	Passed
-65.40	575.54	304	10.34	7.85	4.3	4.23	15.86	26.68%	Passed
-134.20	780.52	304	13.96	7.85	4.3	5.07	15.86	31.99%	Passed
15.60	663.73	304	12.05	7.85	4.3	4.63	15.86	29.19%	Passed
-9.80	99.76	304	1.79	7.85	4.3	2.24	15.86	14.14%	Passed
3.20	148.13	304	2.69	7.85	4.3	2.45	15.86	15.45%	Passed
139.10	2290.32	304	41.71	7.85	4.3	11.53	15.86	72.67%	Passed
-184.00	720.79	304	12.81	7.85	4.3	4.81	15.86	30.30%	Passed
-78.40	735.75	304	13.23	7.85	4.3	4.90	15.86	30.91%	Passed
95.90	85.41	304	1.68	7.85	4.3	2.22	15.86	13.97%	Passed
108.90	162.91	304	3.10	7.85	4.3	2.55	15.86	16.06%	Passed

Presentase ratio tertinggi *flange* node 760 yang di tunjukkan pada tabel ratio terjadi pada *load case* 2 (OPE) W+T1+P1 sebesar 73.06 %. *Ratio* tertinggi tersebut memiliki arti sebagai tanda *flange* node 760 tidak mengalami kebocoran karena *ratio* 73.06 %. adalah hasil perbandingan antara tekanan equivalen (p_{eq}) dengan P_{ASME} (*maximum allowable working pressure*) yang telah distandarkan oleh ASME B16.5

untuk *flange*. *Ratio* 73.06 %. didapat dari perhitungan tekanan equivalen (p_{eq}) ditambah P tekanan oprasional dan dibagi β $\frac{(P_{eq}+P)}{\beta} < P_{ASME}$ namun ratio tersebut bisa dinyatakan lebih tinggi dari 73.06 % bilamana faktor β tidak ada.

Faktor β ditentukan oleh temperatur *flange* dan pipa, sehingga metode ini $\frac{(P_{eq}+P)}{\beta} < P_{ASME}$ dapat digunakan. Penjabaran $\frac{(P_{eq}+P)}{\beta} < P_{ASME}$ metode yang mendapatkan rasio sebesar 73.06 % adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{ratio} &= \frac{(P_{eq}+P)}{\beta} < P_{ASME} \\ \text{ratio} &= \frac{(41.97+7.85)}{4.3} < 15.86 = 11.59 \\ \text{ratio} &= \frac{11.59}{15.86} \times 100\% = 73.06\% \end{aligned}$$

Dengan :

- P_{eq} = tekanan equivalen (bar)

$$\begin{aligned} P_{eq} &= \frac{509296 \times MF}{G^3} + \frac{127 \times FA}{G^2} \\ P_{eq} &= \frac{509296 \times 2296.79}{304^3} + \frac{127 \times 244.70}{304} \\ P_{eq} &= 41.97 \text{ bar} \end{aligned}$$

Data gaya, momen dan diameter gasket untuk tekanan *equivalen* (P_{eq}) dapat dilihat dari tabel 6.12.

- P_{ASME} = *maximum allowable working pressure* ASMEB16.5 (bar)

P_{ASME} didapat dari ASMEB16.5 tabel 2 yang di tentukan oleh temperatur node 20 yang di ubah ke *fahrenheit* dan tekanan yang diubah ke psig, tekanan diambil dari *piping material classes*.

$$P_{ASME} \Rightarrow T = 170^\circ\text{C} \times \frac{9}{5} + 32 = 338^\circ\text{F}, P = 7.85 \text{ bar} \times 14.504 = 93.54 \text{ psig}$$

$$P_{ASME} = 230 \text{ psig} \times 0.0689476 = 15.86 \text{ bar}$$

- P = tekanan operasi (bar)
- β = beta pada *statik loads and dynamic loads* fungsinya untuk mengoreksi batasan seluruh tekanan.

β didapat dari tabel *statik loads* yang ditentukan oleh diameter luar pipa dan rating pipa, rating pipa diambil dari *piping material classes*.

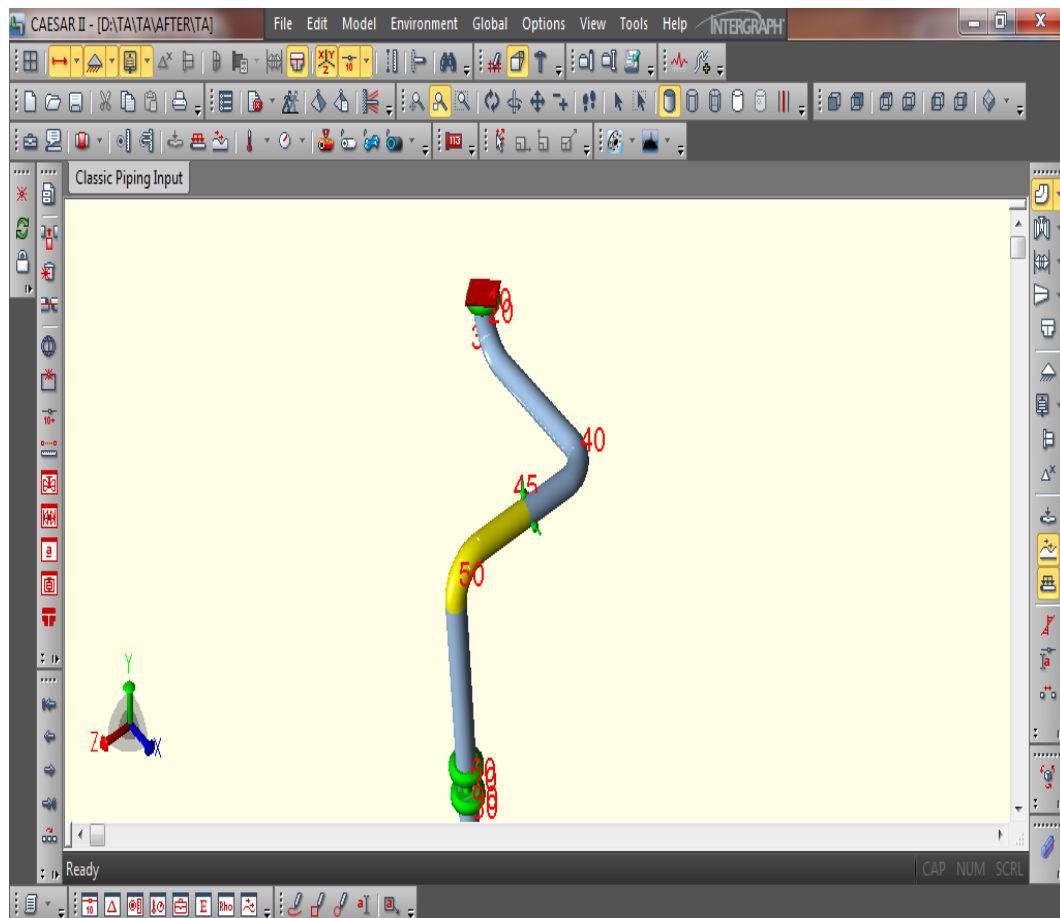
Berdasarkan penjabaran metode ratio diatas P (Tekanan operasional) dan β (beta) tidak berpengaruh besar terhadap ratio antara tekanan *equivalen* (P_{eq}) dengan P_{ASME} (*maximum allowable working pressure*) yang telah distandarkan pada ASME B16.5 untuk *flange*. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa yang berpengaruh besar terhadap kemungkinan terjadinya kebocoran pada *flange* node 760 adalah besarnya angka gaya dan momen yang terjadi pada *flange* node 760 yang menjadikan angka tekanan *equivalen* (P_{eq}) tinggi. Besarnya angka gaya dan momen dipengaruhi oleh beban – beban yang terjadi pada *flange* node 760 seperti beban tekanan, beban temperatur, beban berat, beban angin dan beban gempa yang sangat perlu diwaspadai terjadinya kebocoran *flange* adalah beban – beban tersebut. Beban – beban tersebut juga digolongkan kedalam beban *Operating*, beban *Occasional*, beban *Sustained*, beban *Expansion*, dan beban *Hydrotest* yang tergantung dari intensitas cara kerjanya dan cara kerjanya itu sendiri.

4.5. Modifikasi Desain

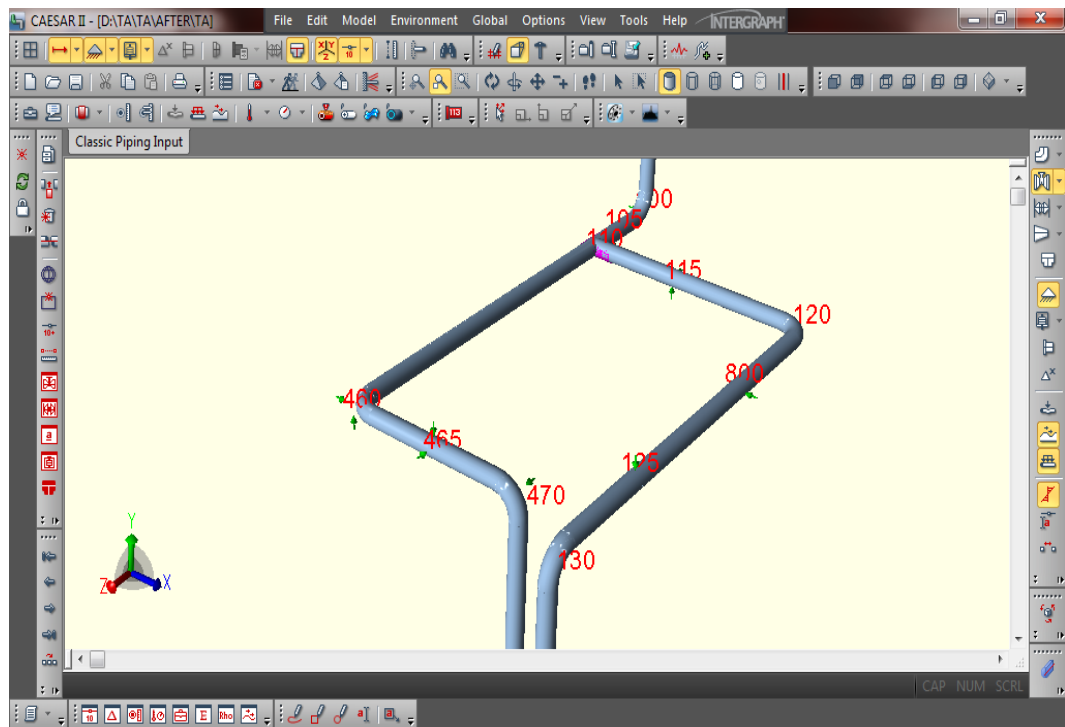
Modifikasi dilakukan apabila terjadi *problem* atau *trouble* di instalasi perpipaan yang mengharuskan merubah atau memodifikasi struktur perpipaannya baik jalur perpipaannya maupun struktur bangun yang mendukungnya. Seperti pada jalur pipa suction feed water takuma boiler milik PT.Suparma yang memiliki defleksi yang melebihi defleksi maksimal yang diijinkan. Adapun modifikasi yang dilakukan yaitu penambahan restrain dan merubah sedikit jalur pipanya seperti pada tabel 4.7. dan gambar 4.4. berikut.

Tabel 4.7. Modifikasi

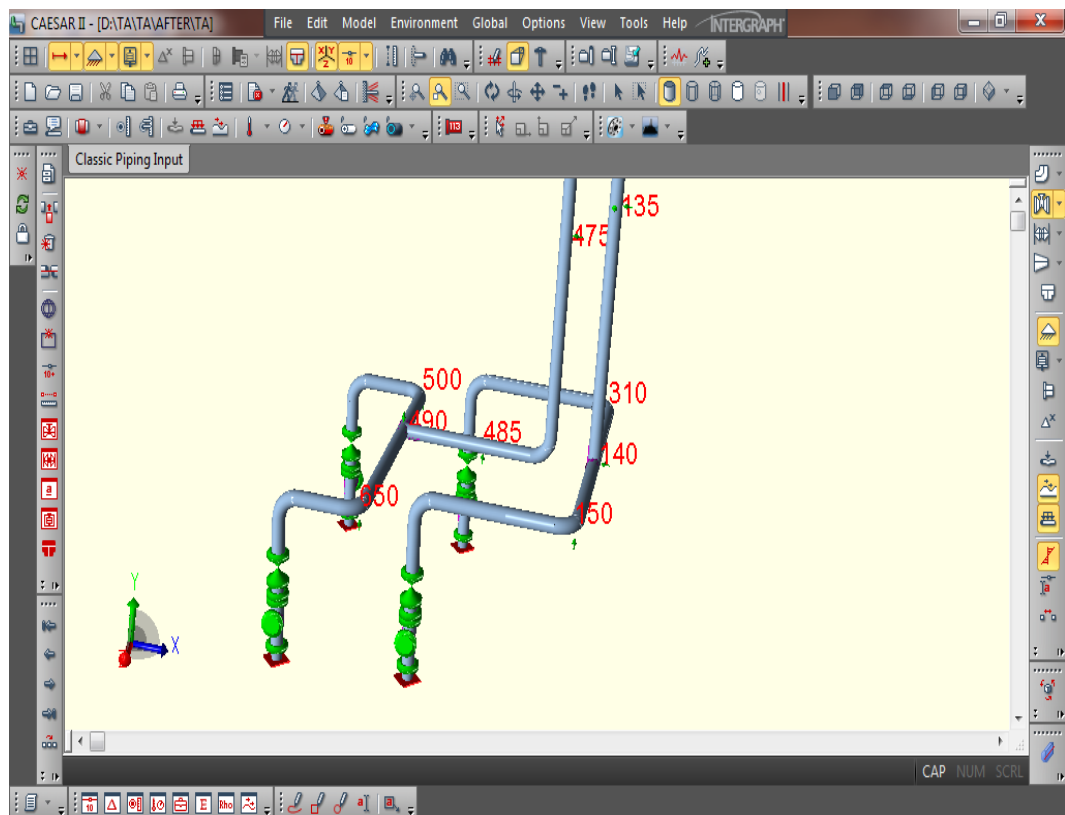
No	Nodal	Modifikasi
1	45	Penambahan restraints tipe -Y dan -X
2	105	Penambahan restraints tipe +Y
3	115	Penambahan restraints tipe +Y dan +Z
4	800	Penambahan restraints tipe -X
5	125	Penambahan restraints tipe -Y
6	135	Penambahan restraints tipe -X dan -Z
7	140	Penambahan restraints tipe -X
8	460	Penambahan restraints tipe +Y dan +X
9	465	Merubah restraints tipe +Y menjadi -Y
10	470	Penambahan restraints tipe +Z
11	475	Penambahan restraints tipe -X
12	485	Penambahan restraints tipe +Y
13	490	Penambahan restraints tipe +Y



(a)



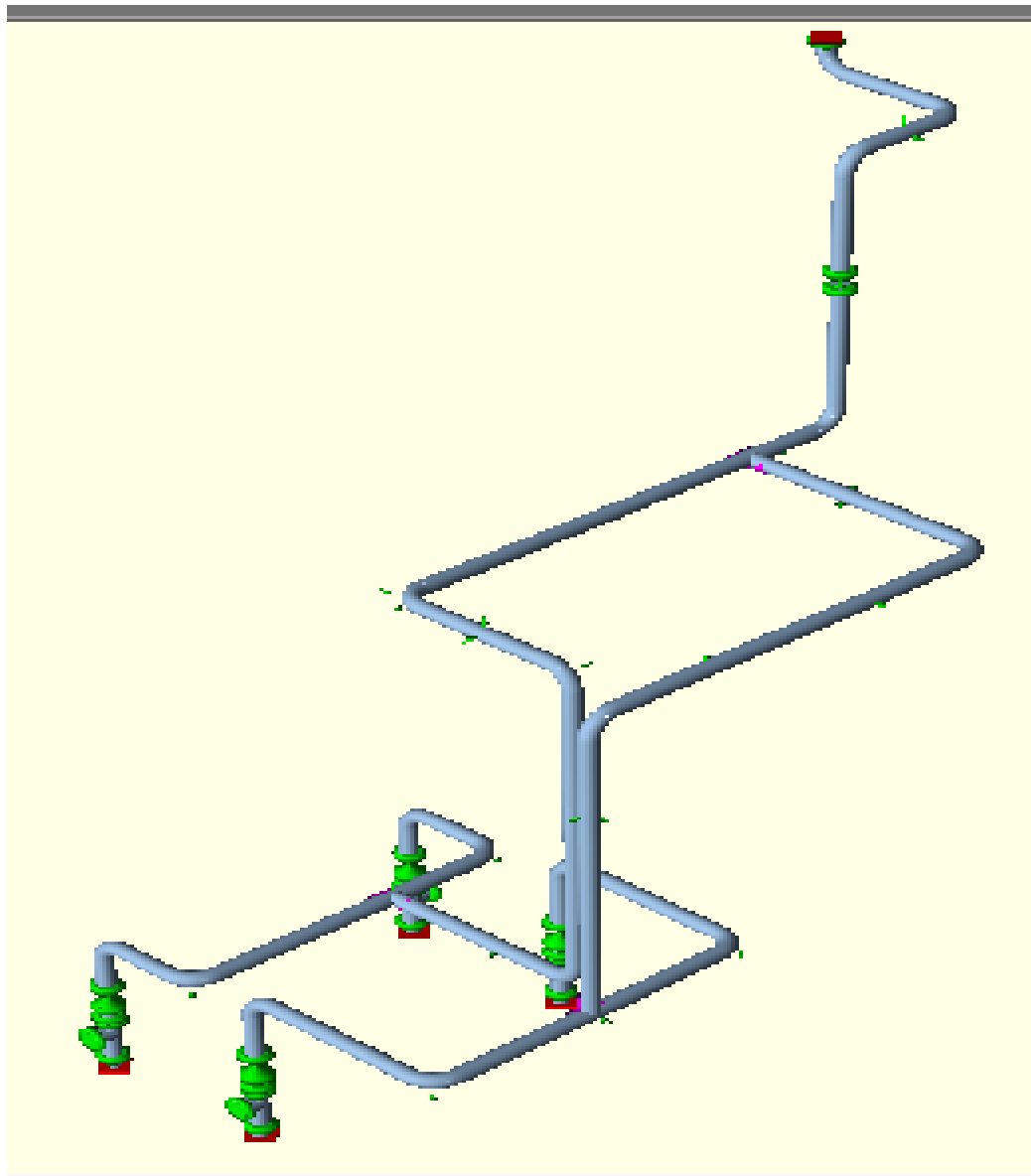
(b)



(c)

Gambar 4.4. Modifikasi

Dari gambar 4.4. dapat kita lihat arah perubahan perpipaan yaitu dari nodal 120 ke nodal 130 yang semula ke sumbu $-Y$ menjadi sumbu $+Z$ dan *tees* pada nodal 130 di hilangkan, nodal 130 ke 140 masih tetap ke arah sumbu $-Y$ namun panjangnya di tambah menjadi 5889 mm dan diberikan *tees*, dan dari nodal 140 ke nodal 310 ke sumbu $-Z$. Dan hasil dari modifikasi yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 4.5. berikut.



Gambar 4.5. Hasil modifikasi

4.6. Analisis setelah modifikasi

Setelah melakukan modifikasi maka data analisisnya pun akan ikut berubah seperti :

4.6.1. Analisis defleksi

Defleksi yang terjadi setelah melakukan modifikasi dapat kita lihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8. Defleksi setelah modifikasi

Load case	DX		DY		DZ	
	Nodal	DX (in)	Nodal	DY (in)	Nodal	Dz (in)
L1=WW+HP (HYD)	480	-0.009	800	-0.1103	48	0.01441
L2=W+T1+P1 (OPE)	478	0.2321	140	-0.2415	98	-0.2435
L3=W+P1 (SUS)	38	-0.009	800	-0.107	48	0.01394
L4=U1 (OCC)	99	0.0663	119	0.0071	120	0.01626
L5=U2 (OCC)	135	-0.021	148	0.0408	48	-0.015
L6=U3 (OCC)	49	-0.036	149	0.009	479	0.12512
L7WIN1 (OCC)	99	0.0119	119	0.0008	120	0.00295
L8=WIN2 (OCC)	650	-0.005	148	0.0028	478	0.03181
L9=L2 – L3 (EXP)	478	0.2355	128	0.2362	98	-0.2422
L10=L4+L5+L6 (OCC)	99	0.0668	148	0.0503	479	0.12339
L11=L3+L10 (OCC)	100	0.0666	125	-0.1046	479	0.12736
L12=L3+L7 (OCC)	460	0.0122	800	-0.1065	48	0.01362
L13=L3+L8 (OCC)	30	-0.01	800	-0.1071	478	0.0361

Dari data defleksi yang didapatkan setelah melakukan modifikasi, tidak terdapat defleksi yang melebihi defleksi maksimal yang diijinkan. defleksi terbesar terjadi pada load case 2 di nodal 98 dengan defleksi -0.2435 inch.

4.6.2. Analisis tegangan pipa

Setelah melakukan modifikasi tegangan pada jalur pipa *suction feed water* takuma boiler milik PT.suparma pasti akan berubah, namun dari hasil analisis tidak terdapat rasio tegangan yang melebihi 100 %. Dapat dilihat hasil analisis tegangan maksimum setelah dilakukan modifikasi terjadi pada *load case* 9 dengan

rasio 57.2743%, *code stress* 166371.5 kPa dan *allowable stress* 290481.8 yang diakibatkan oleh beban *thermal* sebagaimana di tunjukan pada tabel 4.9.

Tabel 4.9. Tabel tegangan pipa

<i>Load Case</i>	<i>Code Stress (kPa)</i>	<i>Allowable Stress (kPa)</i>	<i>Rasio (%)</i>	<i>Nodal</i>
L1=WW+HP (HYD)	27669.51	217184.8	12.7401	140
L2=W+T1+P1 (OPE)	170374.8	-	-	465
L3=W+P1 (SUS)	25776.85	117900.3	21.8633	140
L4=U1 (OCC)	17511.07	135585.4	12.9152	620
L5=U2 (OCC)	11382.88	135585.4	8.3954	125
L6=U3 (OCC)	29686.72	135585.4	21.8952	770
L7WIN1 (OCC)	2700.792	135585.4	1.9919	770
L8=WIN2 (OCC)	5640.814	135585.4	4.1603	770
L9=L2 – L3 (EXP)	166371.5	290481.8	57.2743	465
L10=L4+L5+L6 (OCC)	37030.99	135585.4	27.3119	620
L11=L3+L10 (OCC)	36692.12	135585.4	27.062	140
L12=L3+L7 (OCC)	26160.5	135585.4	19.2945	140
L13=L3+L8 (OCC)	26425.81	135585.4	19.4902	140

4.6.3. Pengecekan kebocoran flange

Adapun data pengecekan kebocoran pada flange setelah modifikasi seperti pada tabel 4.10.

Tabel 4.10. Data pengecekan kebocoran flange

(a)

Line No.	Piping Class	Node	Dia. (in.)	Rating (#)	Gasket Type	Gasket Out. Dia. a1 (mm)	Joint Width J (mm)	Case No.	Temp. (°C)	Mat.	Flange Axial Direct.	Calculation Load					
												Force			Moment		
												Fx (N)	Fy (N)	Fz (N)	Mx (N.m)	My (N.m)	Mz (N.m)
SUCTION	B31.1	760	10"	150	flat	340		L1	170	CS	Y	493	7325	-254	-413	18	-836
					flat			L2			Y	-11879	-21938	15668	27311	-9083	15159
					flat			L3			Y	478	7210	-245	-402	17	-810
					flat			L4			Y	-4496	-1833	243	541	82	5711
					flat			L5			Y	-59	-3491	-34	171	96	-586
					flat			L6			Y	1988	846	-5980	-9489	2285	-3881
					flat			L7			Y	-715	-302	50	111	19	919
					flat			L8			Y	478	180	-1017	-1720	419	-947
					flat			L9			Y	-11401	-14728	15423	26909	-9066	14348
					flat			L10			Y	-2566	-4478	-5771	-8777	2463	1244
					flat			L11			Y	-2089	2732	-6016	-9179	2480	433
					flat			L12			Y	-238	6908	-195	-291	36	109
					flat			L13			Y	955	7389	-1262	-2121	436	-1758

(b)

Axial Force FA (DaN)	Bending Moment Mf (DaN.m)	Average Diameter G (mm)	Equivalent Pressure Peq ₁ (bar)	Oper. Pressure P (bar)	β_1	$(Peq_1+P)/\beta_1$ (bar)	P _{ASME} (bar)	Ratio	Status
732.50	93.25	304	2.70	7.85	4.3	2.45	15.86	15.47%	Passed
-2193.80	3123.60	304	53.61	7.85	4.3	14.29	15.86	90.12%	Passed
721.00	90.43	304	2.63	7.85	4.3	2.44	15.86	15.37%	Passed
-183.30	573.66	304	10.15	7.85	4.3	4.19	15.86	26.39%	Passed
-349.10	61.04	304	0.63	7.85	4.3	1.97	15.86	12.43%	Passed
84.60	1025.20	304	18.70	7.85	4.3	6.17	15.86	38.93%	Passed
-30.20	92.57	304	1.64	7.85	4.3	2.21	15.86	13.91%	Passed
18.00	196.35	304	3.58	7.85	4.3	2.66	15.86	16.77%	Passed
-1472.80	3049.52	304	53.26	7.85	4.3	14.21	15.86	89.60%	Passed
-447.80	886.47	304	15.45	7.85	4.3	5.42	15.86	34.17%	Passed
273.20	918.92	304	17.03	7.85	4.3	5.79	15.86	36.49%	Passed
690.80	31.07	304	1.51	7.85	4.3	2.18	15.86	13.73%	Passed
738.90	275.49	304	6.01	7.85	4.3	3.22	15.86	20.32%	Passed

