

BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN

6.1. Pembahasan dan Perhitungan Dalam *CAESAR II version 7.00*

Dalam pembahasan dan perhitungan kali ini dapat kita lihat 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 seperti pada gambar 6.1. warna ini menandakan tingkat tegangan yang terjadi.

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

Gambar 6.1.*Hoop Legend*
(*Caesar II Versi 7.00*)

Sebelum melakukan pemodelan dan perhitungan ada beberapa hal yang harus kita persiapkan sebagai berikut :

6.2. Persiapan Pemodelan

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

melakukan analisis. Berikut adalah hasil olah data yang dilakukan untuk pemodelan pada jalur pipa 11-1307A di *Fuel Oil Complex II* PT PERTAMINA Refinery Unit IV Cilacap.

6.2.1. Penomoran Nodal pada Gambar Isometri

Gambar isometri 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. Penomoran nodal pada gambar isometri yang diberikan, berguna untuk memudahkan mengolah data yang ada pada gambar tersebut. Hal ini sangat dibutuhkan dalam tahap *pipe stress analysis* karena memperjelas pengumpulan dan letak informasi pada gambar 6.2. dan 6.3.

6.2.2. Pengaturan Unit Satuan pada *CAESAR II version 7.00*

Sebelum menggunakan *Caesar II* seorang *User* terlebih dahulu harus menentukan satuan yang akan *User* pakai dalam melakukan permodelan. Karena ini penting dalam *input*-an nantinya agar tidak terjadi ketidaksesuaian antara satuan yang akan diinput-kan dengan satuan yang dipakai pada permodelan *CaesarII version 7.00*. Dikarenakan tidak semua satuan sama dengan *template* satuan dalam *Caesar II version 7.00*. Informasi mengenai satuan unit dapat dianalisis melalui gambar isometri atau dokumen-dokumen yang mendukung lainnya. Maka melihat pentingnya pengaturan dalam unit satuan, dalam analisis kali ini digunakan satuan "*User New*" dengan pendekatan satuan "MM" yang tersedia pada *template* satuan *Caesar II version 7.00*. seperti pada tabel 6.1.

Tabel 6.1. Unit satuan yang dipakai dalam pemodelan

No.	Besaran	MM	User New
1	Length	mm	mm
2	Force	N	N
3	Mass dynamics	kg	kg
4	Moment input	N.m	N.m
5	Moment output	N.m	N.m
6	Stress	kPa	kPa
7	Rotation	degree	degree
8	Temperature	C	C
9	Pressure	kPa	barg
10	Elastic Modulus	kPa	kPa
11	Pipe Density	kg/Cm ³	kg/Cm ³
12	Insulation Density	kg/Cm ³	kg/Cm ³
13	Fluid Density	kg/Cm ³	kg/Cm ³
14	Elevation	m	m
15	Diameter	mm	in
16	Thickness	mm	mm

6.2.3. Data-data Inti Jalur Perpipaan

Data-data Inti pada jalur pipa 11-1307A di *Fuel Oil Complex II* PT PERTAMINA *Refinery* Unit IV Cilacap antara lain sebagai berikut Tabel 6.2.

Tabel 6.2. Data Inti Jalur Perpipaan

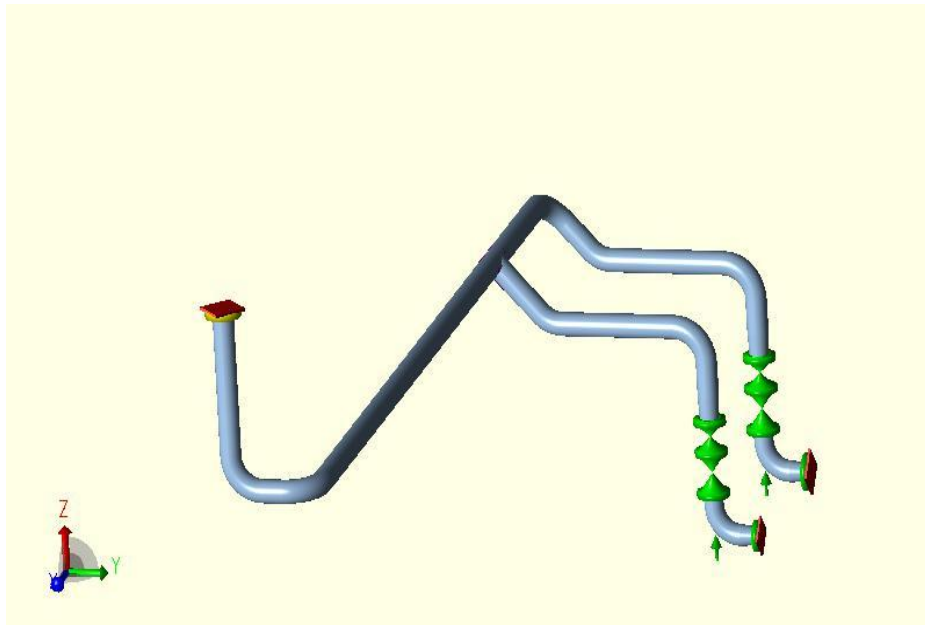
No	Deskripsi	Unit	Data
1	Material Pipa		STD WT SMLS STL A53 - B
2	Suhu Ambien	°C	30
3	Suhu Desain T1	°C	63
4	Tekanan Desain P1	barg	3
5	Tekanan Hidrostatik	barg	4.5
6	Specific Gravity		NAPHTA 0.69
7	Fluid Density	kg/m ³	690
8	Corrosion Allowance	mm	3.175
9	Insulation Density	kg/m ³	-
10	Insulation Thickness	mm	-
11	Sumbu Koordinat		
	Sumbu Vertikal		Z
	Sumbu Horizontal		X,Y
12	Beban Angin		
	Max. Wind Speed	m/s	32
	Wind Shaped Factor		0.8
	Direction of Wind		Y, X
13	Beban Gempa		CILACAP
13.A	- Seismic Acceleration		
	Horizontal Acceleration (RIE)	g	0.4
	Vertical Acceleration (SLE)	g	0.4
14	Beban Lainnya		

6.2.4. Data Deskripsi Komponen pada Jalur Perpipaan

Data deskripsi komponen adalah data lengkap dari satu-persatu komponen yang ada pada jalur perpipaan, data ini dirangkum dari penomoran nodal yang ada pada gambar isometri dan dokumen-dokumen yang mendukung lainnya. Hal ini untuk memudahkan dalam melakukan *input* pada program *Caesar II*. Dalam hal ini data yang telah diolah adalah seluruh data yang diperoleh dari *vendor* seperti pada tabel 6.3.

6.3. Visualisasi Pemodelan Desain Sebelum Modifikasi

Visualisasi ini menunjukkan hasil dari pengolahan dan pendesainan data-data keseluruhan yang telah dikumpulkan sebelumnya pada jalur 11-1307A di *Fuel Oil Complex II* PT PERTAMINA Refinery Unit IV Cilacap seperti telah diterangkan diatas dan belum dilakukan modifikasi apapun, dengan menggunakan software *Caesar II version 7.00*. Visualisasi tersebut dapat dilihat pada gambar 6.4. di bawah ini.



Gambar 6.4. Visualisasi pemodelan desain jalur 11-1307A di *Fuel Oil Complex II* PT PERTAMINA Refinery Unit IV Cilacap

6.3.1. Analisis Tegangan Pipa Sebelum Modifikasi

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui besaran ratio tegangan yang terjadi pada jalur 11-1307A di *Fuel Oil Complex II* PT PERTAMINA Refinery Unit IV Cilacap, dengan membandingkan antara *code stress ratio* yang dipengaruhi besaran gaya dan momen X, Y, Z terhadap *high stress allowable*. Dengan analisis ini kelak akan kita ketahui apakah jalur tersebut membutuhkan modifikasi atau tidak.

Analisis ini dilakukan berdasarkan 14 loadcase yang telah ditentukan sebelumnya, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 6.4 berikut.

Tabel 6.4. High stress Summary Sebelum Modifikasi

No	Load Case	Code Stress (kPa)	Allowable Stress (kPa)	Rasio (%)	Nodal
1	L1=WW+HP (HYD)	104336.90	241311.00	43.23	310
2	L2=W+T1+P1 (OPE)	101243.20	0	0	310
3	L3=W+P1 (SUS)	150472.40	137892.00	109.12	310
4	L4=U1 (OCC)	43470.23	183396.40	23.70	20
5	L5=U2 (OCC)	85701.05	183396.40	46.73	170
6	L6=U3 (OCC)	58637.67	183396.40	31.97	310
7	L7=WIN1 (OCC)	5305.51	183396.40	2.89	20
8	L8=WIN2 (OCC)	18596.77	183396.40	10.14	170
9	L9=L2-L3 (EXP)	14680.26	183396.40	5.28	70
10	L10=L4+L5+L6 (OCC)	143795.50	183396.40	78.40	310
11	L11=L9+L10 (OCC)	146884.50	183396.40	80.09	310
12	L12=L3+L10 (OCC)	76838.34	183396.40	41.89	89
13	L13=L3+L7 (OCC)	149882.10	183396.40	81.72	310
14	L14=L3+L8 (OCC)	133178.30	183396.40	72.61	310

Dapat kita lihat pada tabel diatas bahwa terjadi prosentase ratio >100%. Hal ini menunjukkan bahwa jalur pipa pada 11-1307A di *Fuel Oil Complex II* PT PERTAMINA Refinery Unit IV Cilacap mengalami *overstress*. Berdasarkan tabel diatas prosentase terbesar terjadi pada *loadcase* 3 yang merupakan kombinasi dari beban berat dan tekanan design atau dapat juga disebut *case of sustained at cold design condition.*, hal tersebut menunjukkan dibutuhkannya modifikasi pada beberapa sisi yang bertujuan untuk lebih memperkecil ratio yang ada.

6.3.2. Analisis Defleksi Sebelum Modifikasi

Analisis ini di tunjukkan untuk mengetahui besar dan arah defleksi pada pipa sebagaimana ditunjukkan pada tabel 6.5.

Tabel 6.5. Nilai Defleksi Sebelum Modifikasi

No	Load Case	DX		DY		DZ		Pipe Spans
		Besar (mm)	Nodal	Besar (mm)	Nodal	Besar (mm)	Nodal	
1	L1=WW+HP (HYD)	2.42	30	-29.28	208	-38.75	208	4.5
2	L2=W+T1+P1 (OPE)	-3.06	209	-30.83	208	-37.63	208	4.5
3	L3=W+P1 (SUS)	2.42	30	-29.28	208	-38.75	208	4.5
4	L4=U1 (OCC)	3.71	70	1.44	60	-1.51	60	4.5
5	L5=U2 (OCC)	0.76	208	15.86	208	15.32	208	4.5
6	L6=U3 (OCC)	-0.97	30	11.80	208	15.60	208	4.5
7	L7=WIN1 (OCC)	0.43	228	0.09	210	-0.14	60	4.5
8	L8=WIN2 (OCC)	0.21	208	3.41	70	3.50	208	4.5
9	L9=L2-L3 (EXP)	-4.74	209	-1.91	70	1.28	70	4.5
10	L10=L4+L5+L6 (OCC)	3.78	208	27.75	208	31.10	208	4.5
11	L11=L9+L10 (OCC)	3.99	40	26.19	208	32.22	208	4.5
12	L12=L3+L10 (OCC)	5.54	208	4.50	60	-9.51	60	4.5
13	L13=L3+L7 (OCC)	2.70	30	-29.20	208	-38.70	208	4.5
14	L14=L3+L8 (OCC)	2.33	38	-25.88	208	-35.25	208	4.5

Dapat kita lihat pada tabel diatas besaran defleksi maksimum pada sumbu X (DX) terjadi pada *loadcase* 12, pada sumbu Y (DY) terjadi pada *loadcase* 2, dan pada sumbu Z (DZ) terjadi pada *loadcase* 1 dan 3. Maka melihat besarnya defleksi yang terjadi dapat dipastikan jalur pada pipa dibutuhkan modifikasi untuk memperkecil nilai defleksi yang ada.

6.4. 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

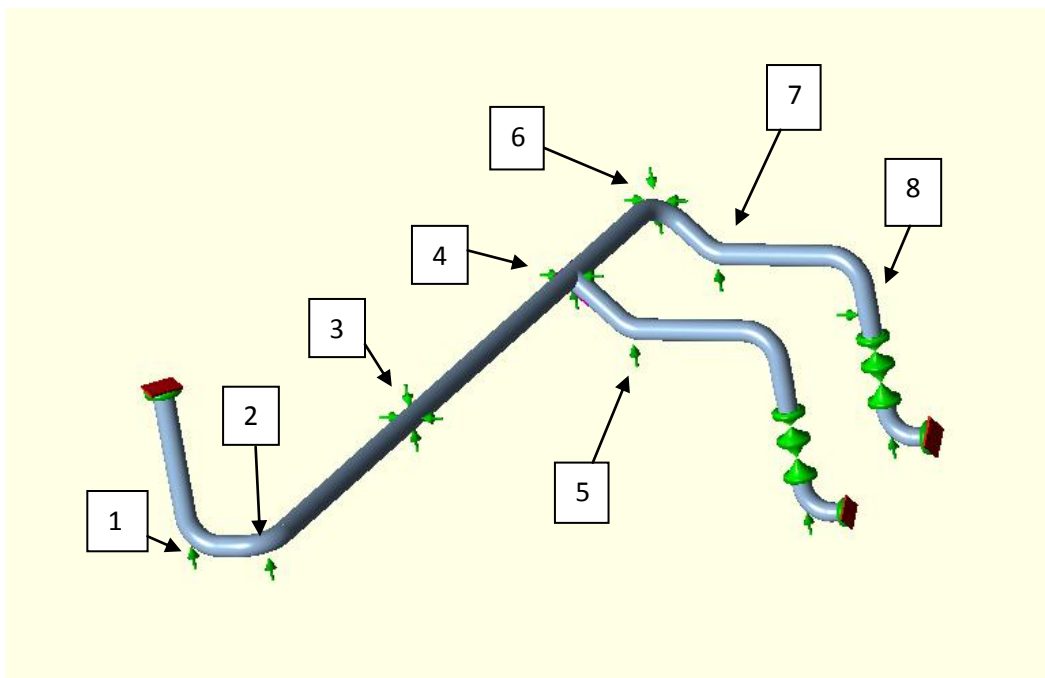
Tabel 6.6. Modifikasi *Support*

Modifikasi		
No	Nodal	Keterangan
1	30	Penambahan Support +Z
2	40	Penambahan Support +Z
3	60	Penambahan Support Z dan Y
4	70	Penambahan Support +Z dan Y
5	80	Penambahan Support +Z
6	210	Penambahan Support Guide dan z
7	220	Penambahan Support +Z
8	240	Penambahan Support +Y

Penjelasan modifikasi jalur pipa 11-1307A di *Fuel Oil Complex II* PT PERTAMINA *Refinery* Unit IV Cilacap sebagai berikut:

1. Penambahan support arah +Z pada node 30 berguna untuk menyeimbangkan defleksi yang terjadi pada sumbu Z dan sumbu Y.
2. Penambahan support arah +Z pada node 40 berguna untuk menyeimbangkan defleksi yang terjadi pada sumbu Z dan sumbu Y.
3. Penambahan support arah Z dan Y pada node 60 berguna untuk menyeimbangkan defleksi yang terjadi pada sumbu Z dan Y pada arah positif maupun negatif karna sepanjang node 40 hingga 70 sepanjang 11799 mm masih terdapat 2 jalur pipa dengan arah sumbu - Y dan -Z tetapi dalam kasus ini jalur tersebut di abaikan.
4. Penambahan support Y dan +Z pada node 70 berguna untuk menahan defleksi yang terjadi pada sumbu Y baik arah positif maupun negative dan support +Z berguna menahan defleksi pada sumbu Z yang di akibatkan defleksi pada arah sumbu Z pada node 70 hingga 90.
5. Penambahan support +Z pada node 80 berguna untuk membantu mengurangi defleksi pada sumbu Z,

6. Penambahan support guide dan Z pada node 210 berguna untuk menahan defleksi pada sumbu Y dan Z.
7. Penambahan support +Z pada node 220 berguna untuk menahan defleksi pada sumbu Z.
8. Penambahan support +Y pada node 240 berguna untuk menahan defleksi pada sumbu Y



Gambar 6.5. Visualisasi pemodelan desain setelah modifikasi

6.5. Analisis Perbandingan Tegangan Pipa Sebelum dan Sesudah Modifikasi

Berikut adalah hasil perbandingan tegangan pipa sebelum dan sesudah modifikasi pada tabel 6.7. dan 6.8.

Tabel 6.7. Tegangan Pipa Sebelum Modifikasi

No	Load Case	Code Stress (kPa)	Allowable Stress (kPa)	Rasio (%)	Nodal
1	L1=WW+HP (HYD)	104336.90	241311.00	42.23	310
2	L2=W+T1+P1 (OPE)	101243.20	0	0	310
3	L3=W+P1 (SUS)	150472.40	137892.00	109.12	310
4	L4=U1 (OCC)	43470.23	183396.40	23.70	20
5	L5=U2 (OCC)	85701.05	183396.40	46.73	170
6	L6=U3 (OCC)	58637.67	183396.40	31.97	310
7	L7=WIN1 (OCC)	5305.51	183396.40	2.89	20
8	L8=WIN2 (OCC)	18596.77	183396.40	10.14	170
9	L9=L2-L3 (EXP)	14680.26	183396.40	5.28	70
10	L10=L4+L5+L6 (OCC)	143795.50	183396.40	78.40	310
11	L11=L9+L10 (OCC)	146884.50	183396.40	80.09	310
12	L12=L3+L10 (OCC)	76838.34	183396.40	41.89	89
13	L13=L3+L7 (OCC)	149882.10	183396.40	81.72	310
14	L14=L3+L8 (OCC)	133178.30	183396.40	72.61	310

Tabel 6.8. Tegangan Pipa Sesudah Modifikasi

No	Load Case	Code Stress (kPa)	Allowable Stress (kPa)	Rasio (%)	Nodal
1	L1=WW+HP (HYD)	14020.35	241311.00	5.8	70
2	L2=W+T1+P1 (OPE)	35401.16	0	0	28
3	L3=W+P1 (SUS)	18803.23	137892.00	13.63	70
4	L4=U1 (OCC)	41301.23	22.52	22.52	20
5	L5=U2 (OCC)	9464.36	183396.40	5.16	20
6	L6=U3 (OCC)	17092.47	183396.40	9.32	70
7	L7=WIN1 (OCC)	5206.05	183396.40	2.83	20
8	L8=WIN2 (OCC)	2258,23	183396.40	1.23	20
9	L9=L2-L3 (EXP)	38126.42	183396.40	11.21	28
10	L10=L4+L5+L6 (OCC)	41618.46	183396.40	22.69	20
11	L11=L9+L10 (OCC)	66941.09	183396.40	36.50	28
12	L12=L3+L10 (OCC)	45308.32	183396.40	24.70	20
13	L13=L3+L7 (OCC)	18528.79	183396.40	10.10	70
14	L14=L3+L8 (OCC)	18874.58	183396.40	10.29	70

pada dua hasil perbandingan tabel diatas, setelah dilakukan modifikasi dengan penambahan *support* pada beberapa *node*, ternyata tegangan pada *node-node* yang bernilai cukup besar tersebut dapat dikurangi dan bernilai lebih kecil daripada sebelumnya. Tegangan yang terjadi pada jalur pipa tersebut sekarang dapat dinyatakan lebih aman.

6.6. Analisis Perbandingan Defleksi Pipa Sebelum dan Sesudah Modifikasi

Berikut adalah hasil perbandingan tegangan pipa sebelum dan sesudah modifikasi pada tabel 6.9. dan tabel 6.10.

Tabel 6.9. Defleksi Pipa Sebelum Modifikasi

No	Load Case	DX		DY		DZ		Pipe Spans
		Besar (mm)	Nodal	Besar (mm)	Nodal	Besar (mm)	Nodal	
1	L1=WW+HP (HYD)	2.42	30	-29.28	208	-38.75	208	4.5
2	L2=W+T1+P1 (OPE)	-3.06	209	-30.83	208	-37.63	208	4.5
3	L3=W+P1 (SUS)	2.42	30	-29.28	208	-38.75	208	4.5
4	L4=U1 (OCC)	3.71	70	1.44	60	-1.51	60	4.5
5	L5=U2 (OCC)	0.76	208	15.86	208	15.32	208	4.5
6	L6=U3 (OCC)	-0.97	30	11.80	208	15.60	208	4.5
7	L7=WIN1 (OCC)	0.43	228	0.09	210	-0.14	60	4.5
8	L8=WIN2 (OCC)	0.21	208	3.41	70	3.50	208	4.5
9	L9=L2-L3 (EXP)	-4.74	209	-1.91	70	1.28	70	4.5
10	L10=L4+L5+L6 (OCC)	3.78	208	27.75	208	31.10	208	4.5
11	L11=L9+L10 (OCC)	3.99	40	26.19	208	32.22	208	4.5
12	L12=L3+L10 (OCC)	5.54	208	4.50	60	-9.51	60	4.5
13	L13=L3+L7 (OCC)	2.70	30	-29.20	208	-38.70	208	4.5
14	L14=L3+L8 (OCC)	2.33	38	-25.88	208	-35.25	208	4.5

Tabel 6.10. Defleksi Pipa Sesudah Modifikasi

No	Load Case	DX		DY		DZ		Pipe Spans
		Besar (mm)	Nodal	Besar (mm)	Nodal	Besar (mm)	Nodal	
1	L1=WW+HP (HYD)	0.03	70	-0.03	308	-0.05	228	4.5
2	L2=W+T1+P1 (OPE)	-4.5	209	1.8	40	1.19	229	4.5
3	L3=W+P1 (SUS)	0.03	70	-0.03	168	-0.05	228	4.5
4	L4=U1 (OCC)	3.17	208	0.36	50	0.12	38	4.5
5	L5=U2 (OCC)	0.04	39	0.39	39	0.27	40	4.5
6	L6=U3 (OCC)	0.08	219	0.11	30	0.74	70	4.5
7	L7=WIN1 (OCC)	0.39	228	0.006	208	0.01	38	4.5
8	L8=WIN2 (OCC)	0.11	40	0.09	40	0.05	40	4.5
9	L9=L2-L3 (EXP)	-4.5	209	1.66	89	1.28	89	4.5
10	L10=L4+L5+L6 (OCC)	3.17	210	0.77	50	0.57	39	4.5
11	L11=L9+L10 (OCC)	3.68	39	2.55	40	1.71	39	4.5
12	L12=L3+L10 (OCC)	3.20	209	0.77	50	0.74	70	4.5
13	L13=L3+L7 (OCC)	0.40	208	-0.01	208	-0.04	228	4.5
14	L14=L3+L8 (OCC)	0.04	70	0.09	40	0.05	228	4.5

Berdasarkan pada dua hasil perbandingan tabel diatas, setelah dilakukan modifikasi dengan penambahan *support* pada beberapa *node*, defleksi yang terjadi pada beberapa *loadcase* kemudian dibandingkan dengan parameter defleksi maksimum yang ada (lihat pada tabel 6.11).

Tabel 6.11. Perbandingan Defleksi yang Terjadi (Dibandingkan Dengan *Spans Of Horizontal Pipa*)

Load Case	Sumbu	Node	NPS	Sch	Pipe Span		Defleksi (mm)	Maximum Defleksi (mm)
					Ft	In		
L9=L2-L3 (EXP) dan L2=W+T1+P1 (OPE)	Dx	209	14"	40	44	11.52	4.5	4.5
L11=L9+L10 (OCC)	Dy	40	14"	40	44	11.52	2.5	4.5
L11=L9+L10 (OCC)	Dz	39	14"	40	44	11.52	1.71	4.5

Setelah dilakukan modifikasi dengan cara memasang support pada beberapa node, Hasil defleksi maksimal tidak melebihi defleksi yang diizinkan pada tabel 6.12. jalur pipa 11-1307A di *Fuel Oil Complex II* PT PERTAMINA Refinery Unit IV Cilacap sehingga dinyatakan aman.

Table 6.12. 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 S-1

STEEL PIPE, SCHEDULE 160

NOMINAL PIPE SIZE	PIPE SPAN*		WEIGHT OF WATER-FILLED PIPE SPAN (Lb)	MAXIMUM DEFLECTION† (In.)
	Ft.	In.		
1.0-INCH	15	8.77	48	0.234
1.5-INCH	19	3.28	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	458	0.245
4.0-INCH	29	9.30	793	0.245
5.0-INCH	36	2.01	1,970	0.245
8.0-INCH	41	2.89	5,732	0.245
10.0-INCH	45	11.75	6,465	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	0.99	16,875	0.244
18.0-INCH	59	5.13	22,582	0.244
20.0-INCH	62	8.17	29,266	0.244
24.0-INCH	68	7.74	45,923	0.244

STEEL PIPE, SCHEDULE 20

NOMINAL PIPE SIZE	PIPE SPAN*		WEIGHT OF WATER-FILLED PIPE SPAN (Lb)	MAXIMUM DEFLECTION† (In.)
	Ft.	In.		
8.0-INCH	34	6.46	1,551	0.172
10.0-INCH	36	4.22	2,324	0.152
12.0-INCH	37	9.18	3,199	0.159
14.0-INCH	41	0.64	4,385	0.149
16.0-INCH	42	4.07	5,593	0.159
18.0-INCH	45	2.92	6,984	0.129
20.0-INCH	46	7.22	9,553	0.135
24.0-INCH	48	2.35	13,437	0.120
30.0-INCH	54	11.58	24,415	0.125

STEEL PIPE, SCHEDULE 80

NOMINAL PIPE SIZE	PIPE SPAN*		WEIGHT OF WATER-FILLED PIPE SPAN (Lb)	MAXIMUM DEFLECTION† (In.)
	Ft.	In.		
1.0-INCH	16	1.05	40	0.244
1.5-INCH	19	4.29	85	0.245
2.0-INCH	21	6.49	156	0.245
2.5-INCH	23	9.02	225	0.244
3.0-INCH	26	0.66	342	0.241
4.0-INCH	29	3.07	584	0.236
6.0-INCH	35	0.22	1,396	0.230
8.0-INCH	39	4.67	2,489	0.223
10.0-INCH	43	8.21	4,172	0.220
12.0-INCH	47	5.26	6,290	0.219
14.0-INCH	49	9.95	7,883	0.220
16.0-INCH	52	10.78	10,934	0.217
18.0-INCH	56	0.58	14,545	0.217
20.0-INCH	59	0.02	18,786	0.216
24.0-INCH	64	5.48	29,341	0.215

STEEL PIPE, SCHEDULE 90

NOMINAL PIPE SIZE	PIPE SPAN*		WEIGHT OF WATER-FILLED PIPE SPAN (Lb)	MAXIMUM DEFLECTION† (In.)
	Ft.	In.		
1.0-INCH	15	11.14	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
6.0-INCH	27	5.75	632	0.141
8.0-INCH	29	9.72	1,103	0.128
10.0-INCH	32	0.93	1,782	0.119
12.0-INCH	33	11.37	2,592	0.112
14.0-INCH	38	5.23	3,809	0.131
16.0-INCH	39	4.50	4,886	0.120
18.0-INCH	40	1.82	6,087	0.111
20.0-INCH	40	8.77	7,454	0.103
24.0-INCH	41	9.43	10,530	0.090

STEEL PIPE, SCHEDULE 40

NOMINAL PIPE SIZE	PIPE SPAN*		WEIGHT OF WATER-FILLED PIPE SPAN (Lb)	MAXIMUM DEFLECTION† (In.)
	Ft.	In.		
1.0-INCH	16	1.07	33	0.244
1.5-INCH	19	0.49	69	0.237
2.0-INCH	20	11.53	107	0.250
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	0.218
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	11.48	4,386	0.180
14.0-INCH	44	11.52	5,463	0.179
16.0-INCH	47	10.83	7,640	0.178
18.0-INCH	50	10.65	10,289	0.179
20.0-INCH	52	11.02	12,880	0.174
24.0-INCH	57	5.84	19,844	0.171

ALUMINUM PIPE, SCHEDULE 80

NOMINAL PIPE SIZE	PIPE SPAN*		WEIGHT OF WATER-FILLED PIPE SPAN (Lb)	MAXIMUM DEFLECTION† (In.)
	Ft.	In.		
1.0-INCH	17	4.67	18	0.414
1.5-INCH	20	2.26	41	0.386
2.0-INCH	22	0.19	66	0.367
2.5-INCH	24	5.26	110	0.374
3.0-INCH	26	4.25	169	0.357
4.0-INCH	28	13.94	295	0.336
6.0-INCH	33	11.69	719	0.314
8.0-INCH	37	6.31	1,306	0.294
10.0-INCH	39	8.42	1,936	0.264

ALUMINUM PIPE, SCHEDULE 40

NOMINAL PIPE SIZE	PIPE SPAN*		WEIGHT OF WATER-FILLED PIPE SPAN (Lb)	MAXIMUM DEFLECTION† (In.)
	Ft.	In.		
1.0-INCH	16	8.12	16	0.381
1.5-INCH	18	11.07	34	0.359
2.0-INCH	20	3.81	55	0.313
2.5-INCH	22	10.19	93	0.327
3.0-INCH	24	4.06	142	0.305
4.0-INCH	26	4.46	244	0.278
6.0-INCH	29	10.16	569	0.242
8.0-INCH	32	8.17	1,029	0.223
10.0-INCH	35	3.12	1,696	0.208

6.7. 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 jalur pipa 11-1307A di *Fuel Oil Complex II* PT PERTAMINA *Refinery* Unit IV Cilacap dengan membandingkan antara tekanan ekuivalen (P_{eq}) yang dipengaruhi besaran gaya dan momen X, Y, Z terhadap P_{ASME} (*maximum allowable working pressure*).

Terdapat 9 *flange* pada jalur pipa 11-1307A di *Fuel Oil Complex II* PT PERTAMINA *Refinery* Unit IV Cilacap. Sehingga untuk perhitungan manualnya hanya dilakukan pada excel.

Tabel 6.15. menunjukkan besar momen dan gaya yang diterima sedangkan tabel 6.16. menunjukkan ratio tekanan ekuivalen (p_{eq}) *flange* tiap node pada jalur pipa 11-1307A di *Fuel Oil Complex II* PT PERTAMINA *Refinery* Unit IV Cilacap dengan P_{ASME} (*maximum allowable working pressure*).

Penjabaran P_{ASME} (*Maximum Allowable Working Pressure*) dapat ditentukan dengan cara sebagai berikut :

1. Menentukan grup material *flange*
2. Menentukan tekanan dan *rating* temperatur
3. Dari tabel 2-1.1 dapat ditentukan MAWP dengan cara mengubah satuan dari temperatur *celcius* ke *Fahrenheit* terlebih dahulu.

$$T = 63^{\circ}\text{C} \times \frac{9}{5} + 32 = 145.4^{\circ}\text{F} \sim 200^{\circ}\text{F}$$

4. Pada *rating* 150# dan temperatur 200°F didapatkan $P_{ASME} = 260$ psig (lihat pada tabel 6.13.).

$$P_{ASME} = 260 \text{ psig} = 17.69 \text{ bar}$$

β didapat dari tabel *static* dan *dynamic loads* karena ada beban angin dan gempa yang ditentukan oleh diameter luar pipa dan *rating* pipa, *rating* pipa diambil dari *piping material classes*.

β untuk diameter 14" inchi dan *rating* pipa 150#

$\beta = 4$ (lihat pada tabel 6.14.)

Faktor β ditentukan oleh temperatur *flange* dan pipa yang $\leq 120^{\circ}\text{C}$ sehingga metode ini $\frac{(P_{eq}+P)}{\beta} < P_{ASME}$ dapat digunakan. bila temperatur *flange* dan pipa $\geq 120^{\circ}\text{C}$, faktor β tidak dapat digunakan sehingga menggunakan metode standar yaitu :

Penjabaran $\frac{(P_{eq}+P)}{\beta} < P_{ASME}$ sebagai berikut adalah:

MF = Resultan momen lentur pada kondisi desain (DaN.m)

Mi = Momen lentur *inplane*

Mo = Momen lentur *outplane*

FA = Gaya aksial pada kondisi desain (N)

G = Diameter gasket efektif (mm)

P_{eq} = tekanan equivalen (bar)

$$MF = \sqrt{M_i^2 + M_o^2}$$

$$G = \frac{D_{out} + D_{in}}{2}$$

$$P_{eq} = \frac{509296 \times MF}{G^3} + \frac{127 \times FA}{G^2}$$

Maka ratio = $\frac{(P_{eq}+P)}{\beta} < P_{ASME}$

Tabel 6.13. Maximum Allowable Working Pressure
(ASME B16.5., 1996)

TABLES 2
PRESSURE-TEMPERATURE RATINGS FOR
GROUPS 1.1 THROUGH 3.16 MATERIALS

TABLE 2-1.1 RATINGS FOR GROUP 1.1 MATERIALS

Nominal Designation	Forgings	Castings	Plates
C-Si	A 105 (1)	A 216 Gr. WCB (1)	A 515 Gr. 70 (1)
C-Mn-Si	A 350 Gr. LF2 (1)		A 516 Gr. 70 (1)(2) A 537 Cl. 1 (3)

NOTES:

- (1) Upon prolonged exposure to temperatures above 800°F, the carbide phase of steel may be converted to graphite. Permissible, but not recommended for prolonged use above 800°F.
 (2) Not to be used over 850°F.
 (3) Not to be used over 700°F.

WORKING PRESSURES BY CLASSES, psig

Class Temp., °F	150	300	400	600	900	1500	2500
-20 to 100	285	740	990	1480	2220	3705	6170
200	260	675	900	1350	2025	3375	5625
300	230	655	875	1315	1970	3280	5470
400	200	635	845	1270	1900	3170	5280
500	170	600	800	1200	1795	2995	4990
600	140	550	730	1095	1640	2735	4560
650	125	535	715	1075	1610	2685	4475
700	110	535	710	1065	1600	2665	4440
750	95	505	670	1010	1510	2520	4200
800	80	410	550	825	1235	2060	3430
850	65	270	355	535	805	1340	2230
900	50	170	230	345	515	860	1430
950	35	105	140	205	310	515	860
1000	20	50	70	105	155	260	430

Tabel 6.14. Faktor *Beta* (β)
(Design Basis., Ap-Greid)

Beta Coefficients (β) in Static Loads + Dynamic Loads:

Carbon Steel Flanges

DN	150#	300#	600#	900#	1500#	2500#
Inch	ASME/ Paq+P	ASME/ Paq+P	ASME/ Paq+P	ASME/ Paq+P	ASME/ Paq+P	ASME/ Paq+P
≤6	4.30	3.70	2.10	1.80	1.80	1.80
8	4.30	3.70	2.10	1.80	1.80	1.60
10	4.30	3.40	2.10	1.80	1.80	1.60
12	4.00	3.00	1.80	1.80	1.80	1.60
14	4.00	3.00	1.80	1.80	1.60	
16	3.60	2.70	1.70	1.70	1.60	
18	3.60	2.70	1.70	1.70	1.60	
20	3.60	2.70	1.70	1.70	1.60	
24	3.00	2.20	1.70	1.70	1.60	
26	2.50	2.20	1.70	1.70		
28	2.50	1.80	1.60	1.60		
30	2.50	1.80	1.60	1.60		
32	2.20	1.80	1.60	1.60		
36	2.20	1.80	1.60	1.60		
>36	Note 1	Note 1	Note 1	Note 1		

Stainless Steel / Duplex stainless steel Flanges

DN	150#	300#	600#	900#	1500#	2500#
Inch	ASME/ Paq+P	ASME/ Paq+P	ASME/ Paq+P	ASME/ Paq+P	ASME/ Paq+P	ASME/ Paq+P
≤6	3.00	2.40	1.80	1.50	1.60	1.50
8	3.00	2.40	1.80	1.50	1.60	1.50
10	3.00	2.40	1.60	1.50	1.60	1.50
12	3.00	2.10	1.60	1.50	1.60	1.50
14	2.20	1.80	1.60	1.50	1.50	
16	2.20	1.80	1.50	1.50	1.50	
18	2.20	1.80	1.50	1.50	1.50	
20	2.20	1.80	1.50	1.50	1.50	
24	2.00	1.80	1.50	1.50	1.50	
26	2.00	1.80	1.50	1.50		
28	2.00	1.80	1.50	1.50		
30	2.00	1.60	1.50	1.50		
32	1.80	1.80	1.50	1.50		
36	1.80	1.60	1.50	1.50		
>36	Note 1	Note 1	Note 1	Note 1		

Note 1 : A check shall be performed, for all combinations flanges diameter / pressure rating not included in tables above.

Note 2 : For heterogeneous connections, check shall be performed with Stainless Steel table.

Tabel 6.33. Tabel Foce dan Moment Nozzle Suction pump Node 200

CASE	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
L1=WW+HP(HYD)	28	-594	-3134	-965	-44	73
L2=W+T1+P1(OPE)	1574	-3624	525	73	2863	2603
L3=W+P1(SUS)	28	-594	-3134	-965	-44	73
L4=U1(OCC)	-3848	14	-158	132	-4805	-2918
L5=U2(OCC)	3	-1379	-860	888	29	-39
L6=U3(OCC)	-71	899	-4469	2248	78	-170
L7=WIN1(OCC)	-734	1	-7	6	-830	-403
L8=WIN2(OCC)	1	-232	-110	125	4	-8
L9=L2-L3(EXP)	1546	-3030	3659	1038	2907	2532
L10=L4+L5+L6(OCC)	-3916	-466	-5487	3268	-4781	-3126
L11=L9+L10(OCC)	-2371	-3496	-1827	4307	-1874	-594
L12=L3+L10(OCC)	-3889	-1060	-8621	2303	-4825	-3053
L13=L3+L7(OCC)	-706	-593	-3141	-959	-874	-329
L14=L3+L8(OCC)	29	-826	-3245	-840	-41	66
MAXIMUM	3916	3624	-8621	4307	4825	3126
ALLOWABLE	13341.6	10673.28	8907.48	10045.44	4885.38	7592.94

Tabel 6.34. Tabel Foce dan Moment Nozzle Suction pump Node 340

CASE	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
L1=WW+HP(HYD)	12	-889	-2952	-941	-35	32
L2=W+T1+P1(OPE)	1312	-3324	-60	-102	3133	2519
L3=W+P1(SUS)	12	-889	-2952	-941	-35	32
L4=U1(OCC)	-3597	7	-51	37	-4685	-2590
L5=U2(OCC)	7	-1390	-643	659	106	-93
L6=U3(OCC)	-151	261	-3398	1897	244	-481
L7=WIN1(OCC)	-751	0	-2	2	-882	-390
L8=WIN2(OCC)	1	-233	-73	89	16	-16
L9=L2-L3(EXP)	1300	-2435	2892	840	3168	2487
L10=L4+L5+L6(OCC)	-3742	-1123	-4092	2592	-4334	-3165
L11=L9+L10(OCC)	-2442	-3558	-1200	3432	-1167	-678
L12=L3+L10(OCC)	-3730	-2011	-7043	1651	-4369	-3132
L13=L3+L7(OCC)	-739	-888	-2954	-940	-916	-358
L14=L3+L8(OCC)	13	-1122	-3025	-852	-19	16
MAXIMUM	3597	3558	7043	3432	4685	3165
ALLOWABLE	13341.6	10673.28	8907.48	10045.44	4885.38	7592.94

Tabel 6.35. API 610 CENTRIFUGAL PUMP (Heavy Duty Pump)
 (ModulPipe Stress Analysis, Ap-Greid)

			Nozzle Size (in.)								
			≤2	3	4	6	8	10	12	14	16
Loads (kg)	Top Nozzle	Fax	73	109	145	254	386	544	680	726	862
		Fay	59	91	118	209	318	454	544	590	680
		Faz	91	136	181	318	499	680	816	907	1040
	Side Nozzle	Fax	73	109	145	254	386	544	680	726	862
		Faz	91	136	181	318	499	680	816	907	1040
		Fay	59	91	118	209	318	454	544	590	680
	End Nozzle	Fax	91	136	181	318	499	680	816	907	1040
		Fay	73	109	145	254	386	544	680	726	862
		Faz	59	91	118	209	318	454	544	590	680
Moment (kg – m)	Max	47	97	135	235	359	512	622	650	747	
	May	24	48	69	120	180	249	304	318	373	
	Maz	36	73	102	180	263	387	470	484	553	

