

BAB V
PEMBAHASAN DAN HASIL

5.1. Persiapan Pemodelan

Sebelum analisa dilakukan tahap pemodelan, sehingga diperlukan olah data terlebih dulu dari data-data yang diperoleh untuk melakukan pemodelan. Berikut merupakan hasil olah data untuk pemodelan jalur pipa 170-ACF0001-A2A3R-18"-ST ST RFCC di PT Pertamina (Persero) *Refinery Unit IV Cilacap*.

5.1.1. Data Proses

Data proses adalah rangkuman data yang didapat dari *3D modeling piping system* atau *isometric drawing, line list, piping class specification* dan *data relief valve*, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.1

Tabel 5.1 Data Sistem Perpipaan.

NO	DESKRIPSI	UNIT	DATA
1	Material Pipa		A672C60
2	Suhu Operasi	C°	37
3	Suhu Desain T1	C°	250
4	Suhu Ambient	C°	30
5	Tekanan Desain P1	kgf/sq.cm	3,5
6	Tekanan Hidrostatik	kgf/sq.cm	6,07
7	<i>Fluid Density</i>	kg/cu.cm	78,334399
8	<i>Corrosion Allowance</i>		3
9	<i>Insulation Thickness</i>	mm	40
10	<i>Insulation Density</i>	kg/cu.cm	160
11	<i>Sumbu Vertikal</i>		Y
	<i>Plant South</i>		X
	<i>Plant East</i>		-Z
12	Beban Gempa		
	Acceleration X	g	0,48
	Acceleration Y	g	0,32
	Acceleration Z	g	0,48
13	Wall Thickness		
	pipa 4"	mm	6,02
	pipa 18"	mm	9,525

5.1.2. Pengaturan Unit Satuan pada Caesar II 2013

Unit satuan adalah cara yang digunakan untuk menyesuaikan satuan yang digunakan dengan satuan yang tersedia pada program Caesar II 2013. Sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 5.2 dalam hal ini yang digunakan adalah satuan “User”.

Tabel 5.2 Unit Satuan.

NO	Besaran	Database				Dipakai
		Caesar	English	MM	SI	User
1	<i>Length</i>	in	in	mm	cm	mm
2	<i>Force</i>	lb	lb	N	N	N
3	<i>Mass Dynamics</i>	lb	lb	kg	kg	kg
4	<i>Moment Input</i>	in.lb	in.lb	N.m	N.m	N.m
5	<i>Moment Output</i>	in.lb	in.lb	N.m	N.m	N.m
6	<i>Stress</i>	psi	psi	kPa	kPa	Kgf/sq.cm
7	<i>Rotation</i>	degree	degree	degree	degree	degree
8	<i>Temperatur</i>	F	F	C	C	C
9	<i>Pressure</i>	psi	psi	kPa	kPa	Kgf/sq.cm
10	<i>Elastic Moduls</i>	psi	psi	kPa	kPa	Kgf/sq.cm
11	<i>Pipe Density</i>	lb/cu.in	lb/cu.in	kg/cu.cm	kg/cu.cm	kg/cu.cm
12	<i>Insulation Density</i>	lb/cu.in	lb/cu.in	kg/cu.cm	kg/cu.cm	kg/cu.cm
13	<i>Fluid Density</i>	lb/cu.in	lb/cu.in	kg/cu.cm	kg/cu.cm	kg/cu.cm
14	<i>Elevation</i>	in	ft	m	m	mm
15	<i>Diameter</i>	in	in	mm	cm	mm
16	<i>Thickness</i>	in	in	mm	cm	mm

5.1.3. Penomoran pada Gambar Isometri

Penomoran pada gambar isometri bertujuan untuk memudahkan saat pemodelan, untuk gambar isometri yang sudah diberi penomoran dapat dilihat pada lampiran.

5.1.4. Nomor Pemodelan

Nomer pemodelan (nodal) adalah data lengkap dari sistem perpipaan yang dibuat menggunakan *exel* untuk mempermudah dalam pemodelan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Tabel Penomoran

NO	Nodal Caesar		Dikripsi Komponen	NPS	Diameter Komponen	Rating	Tebal dinding (mm)	Panjang			Berat Komponen (N)	fluid kgf/cu.m	Insul (mm)
								ΔX	ΔY	ΔZ			
1	1000	1010	Pipa	4"	114,3		6	-2000				700	40
2	1010	1020	Pipa					-8000					
3	1020	1030	Pipa					-8000					
4	1030	1040	Pipa					-8000					
5	1040	1045	Reducer	6x4	152x114,2			-139,7					
6	1045	1050	pipa	6"	152			-3860					
7	1050	1060	Reducer	10x4	273,050x152	S-20	7,925	-178				350	
8	1060	1070	Pipa	10"	-2400			-2400				350	
9	1070	1080	Reducer	10x18	457,200x273,050	S-STD	9,525	-381					
10	1080	1090	Pipa	18"	457,2		9,525	-541				210	40
11	1090	1100	Pipa					-4000					
12	1100	1110	Pipa					-5000					
13	1110	1120	Pipa					-1155					
14	1120	1125	Pipa					-6000		-6000			
15	1125	1130	Pipa					-2603		-2603			
16	1130	1140	Pipa					-1902					
17	1140	1150	Pipa					-6000					
18	1150	1160	Pipa					-6000					
19	1160	1170	Pipa					-3250					
20	1170	1180	Pipa							6000			
21	1180	1190	Pipa					-2750					

NO	Nodal Caesar		Dikripsi Komponen	NPS	Diameter Komponen	Rating	Tebal dinding (mm)	Panjang			Berat Komponen (N)	fluid kgf/cu.m	Insul (mm)
	ΔX	ΔY						ΔZ					
22	1190	1200	Pipa					-2750					
23	1200	1210	Pipa							-6000			
24	1210	1220	Pipa					-3251					
25	1220	1225	Pipa					-6000					
26	1225	1230	Pipa					-6000					
27	1230	1240	Pipa					-7500					
28	1240	1250	Pipa					-7500					
29	1250	1260	Pipa					-7500					
30	1260	1270	Pipa					-6000					
31	1270	1280	Pipa					-6000					
32	1280	1290	Pipa					-6000					
33	1290	1300	Pipa					-4500					
34	1300	1310	Pipa					-6000					
35	1310	1320	Pipa					-6000					
36	1320	1330	Pipa					-3250					
37	1330	1340	Pipa							6000			
38	1340	1350	Pipa					-2750					
39	1350	1360	Pipa					-2750					
40	1360	1370	Pipa							-6000			
41	1370	1380	Pipa					-3250					
42	1380	1390	Pipa					-6000					

NO	Nodal Caesar		Dikripsi Komponen	NPS	Diameter Komponen	Rating	Tebal dinding (mm)	Panjang			Berat Komponen (N)	fluid kgf/cu.m	Insul (mm)
	ΔX	ΔY						ΔZ					
43	1390	1400	Pipa					-6000					
44	1400	1410	Pipa					-6000					
45	1410	1420	Pipa					-6000					
46	1420	1430	Pipa					-6000					
47	1430	1440	Pipa					-6000					
48	1440	1450	Pipa					-6000					
49	1450	1460	Pipa					-6000					
50	1460	1470	Pipa					-6000					
51	1470	1480	Pipa					-3250					
52	1480	1490	Pipa							6000			
53	1490	1500	Pipa					-2750					
54	1500	1510	Pipa					-2750					
55	1510	1520	Pipa							-6000			
56	1520	1530	Pipa					-3250					
57	1530	1540	Pipa					-6000					
58	1540	1550	Pipa					-6990					
59	1550	1560	Pipa					-7500					
60	1560	1570	Pipa					-7500					

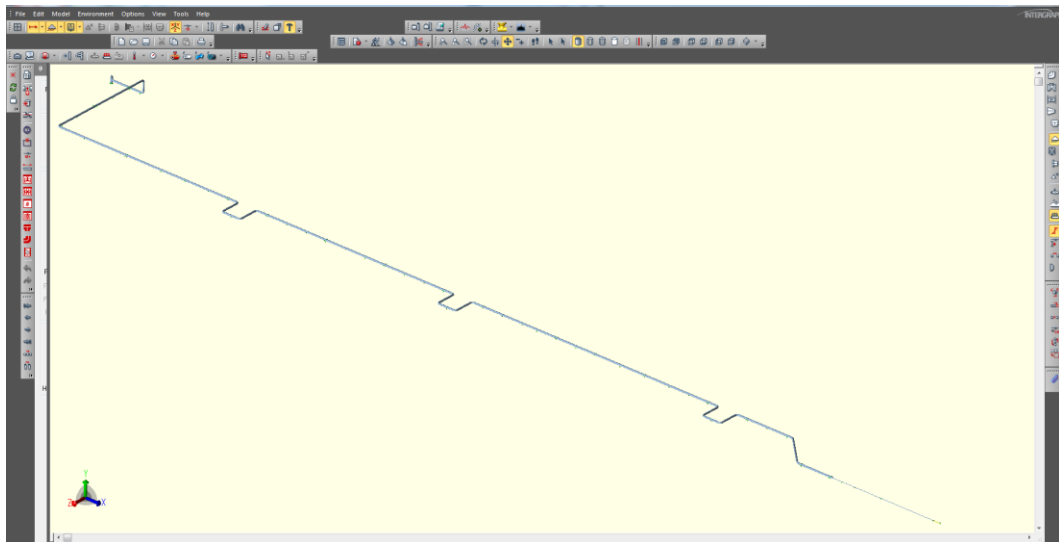
NO	Nodal Caesar		Dikripsi Komponen	NPS	Diameter Komponen	Rating	Tebal dinding (mm)	Panjang			Berat Komponen (N)	fluid kgf/cu.m	Insul (mm)
	ΔX	ΔY						ΔZ					
61	1570	1580	Pipa					-3000					
62	1580	1590	Pipa					-6500					
63	1590	1600	Pipa					-6500					
64	1600	1610	Pipa					-7949					
65	1610	1620	Pipa							-1448			
66	1620	1630	Pipa							-5500			
67	1630	1640	Pipa							-6500			
68	1640	1650	Pipa							-6500			
69	1650	1660	Pipa							-6000			
70	1660	1670	Pipa							-5253			
71	1670	1680	Pipa						-3613				
72	1680	1690	Pipa					-1050					
73	1690	1700	Pipa					-5418					
74	1700	1710	Pipa					-3000					
75	1710	1720	Pipa					-1747		-1747			
76	1720	1730	Pipa						-1043				
77	1730	1740	Pipa						-1000				
78	1740	1750	Wn flange				11,125		-130,175		538,21		

5.2. Analisa Tegangan Pipa

5.2.1. Analisa Sebelum Modifikasi

A. Visualisasi Pemodelan Desain

Langkah awal yang dilakukan sebelum melakukan analisa tegangan, defleksi dan kebocoran *flange* yaitu dengan visualisasi pemodelan desain. Visualisasi pemodelan desain merupakan hasil dari pengolahan data-data keseluruhan yang sudah dijelaskan menggunakan *software* Caesar II 2013. Visualisasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Visualisasi Pemodelan Desain.

B. Analisa Tegangan Sebelum Modifikasi

Analisa ini ditujukan untuk mengetahui apakah ada *overstress* yang terjadi pada jalur pipa 170-ACF0001-A2A3R-18"-ST RFCC di PT Pertamina (Persero) *Refinery Unit IV* Cilacap dengan membandingkan rasio *code stress* yang dipengaruhi oleh besaran gaya dan momen X, Y, Z terhadap *allowable stress*.

Terdapat 26 *load case* pada jalur pipa 170-ACF0014-A2A3R-4"-ST RFCC di PT Pertamina (Persero) *Refinery Unit IV* Cilacap, *analysis higt summary* dilakukan di tiap *load case*, termasuk *loadcase* L2-L9 dan L25 yang memiliki beban operating. Beban operating tidak memiliki rasio dan *allowable stress*. Selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.4.

Tabel 5.4 Analisis High Stresses Summary.

<i>Load Case</i>	<i>Code Stress (kPa)</i>	<i>Allowable Stress (kPa)</i>	<i>Rasio (%)</i>	<i>Node</i>
L1 (HYD) WW+HP	381.71	2461.00	15.51	1720
L2(OPE) W+T1+P1	355.06			1030
L3(OPE) W+T2+P1	8088.00			1060
L4(OPE) W+T1+P1+U1	283.17			1020
L5(OPE) W+T1+P1-U1	196.50			1020
L6(OPE) W+T1+P1+U2	210.56			1020
L7(OPE) W+T1+P1-U2	363.24			1020
L8(OPE) W+T1+P1+U3	309.64			1020
L9(OPE) W+T1+P1-U3	309.64			1020
L10(SUS) W+P1	519.85	1223.63	42.48	1020
L11=L4-L2 (OCC)	463.12	1627.42	28.46	1060
L12=L5-L2 (OCC)	409.98	1627.42	25.19	1050
L13=L6-L2 (OCC)	466.77	1627.42	28.68	1060
L14=L7-L2 (OCC)	466.77	1627.42	28.68	1060
L15=L8-L2 (OCC)	482.71	1627.42	29.66	1060
L16=L9-L2 (OCC)	441.42	1627.42	27.12	1030
L17=L11+L10 (OCC)	728.10	1627.42	44.74	1030
L18=L12+L10 (OCC)	713.25	1627.42	43.83	1030
L19=L13+L10 (OCC)	566.34	1627.42	34.80	1030
L20=L14+L10 (OCC)	875.00	1627.42	53.77	1030
L21=L15+L10 (OCC)	772.96	1627.42	47.50	1030
L22=L16+L10 (OCC)	773.35	1627.42	47.52	1030
L23=L2-L10 (EXP)	180.37	3421.32	5.27	1128
L24=L3-L10 (EXP)	6457.55	3200.86	201.74	1128
L25=L2,L3 (OPE)	8318.92			1060
L26=L11,L12,L13,L14,L15,L16 (OCC)	2619.01	1627.42	160.93	1060

Pada Tabel 5.4 diketahui bahwa *loadcase* L24 dan L26 memiliki persentase rasio tegangan yang melebihi nilai tegangan yang diizinkan dengan persentase masing-masing 201,74% pada nodal 1128 dan 160,93% pada nodal 1060.

Berdasarkan data tersebut , *loadcase* L24 terkena beban ekspansi dan *loadcase* L26 terkena beban *occasional*.

C. Analisa Defleksi Sebelum Modifikasi

Analisa defleksi bertujuan untuk mengetahui seberapa besar defleksi yang terjadi dan arah dari defleksi tersebut, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Defleksi Maksimum Sebelum Modifikasi.

Load Case	DX		DY		DZ	
	Besar (mm)	Nodal	Besar (mm)	Nodal	Besar (mm)	Nodal
L1 (HYD)	-0,5740	1669	-5,5868	1708	1,1456	1709
L2(OPE)	2,6461	1369	-3,0586	1260	-2,4654	1128
L3(OPE)	101,4608	1369	10,6598	1668	-88,3314	1128
L4(OPE)	1,4899	1669	-3,1333	1708	-0,4333	1120
L5(OPE)	-2,1482	1669	-3,2740	1708	1,1860	1708
L6(OPE)	-0,2238	1669	-2,1785	1708	0,4467	1709
L7(OPE)	-0,4345	1669	-4,2288	1708	0,8671	1709
L8(OPE)	-0,5785	1670	-3,5654	1708	1,5855	1700
L9(OPE)	0,3895	1708	-3,0586	1260	-1,5640	1590
L10(SUS)	-0,3291	1669	-3,2037	1708	0,6569	1709
L11(OCC)	2,4986	1329	-0,4173	1669	2,2066	1129
L12(OCC)	-2,8644	1369	-0,3579	1708	2,7540	1128
L13(OCC)	-2,6461	1369	0,9788	1260	2,4654	1128
L14(OCC)	-2,6461	1369	-1,3127	1708	2,4654	1128
L15(OCC)	-2,6967	1369	-0,6492	1708	2,9566	1128
L16(OCC)	-2,6324	1370	-0,3233	1668	-2,0326	1608
L17(OCC)	2,4986	1329	-3,4208	1708	2,2066	1129
L18(OCC)	-2,8644	1369	-3,5616	1708	2,7540	1128
L19(OCC)	-2,6461	1369	-2,4660	1708	2,4654	1128
L20(OCC)	-2,6461	1369	-4,5164	1708	2,4654	1128
L21(OCC)	-2,6967	1369	-3,8529	1708	2,9566	1128
L22(OCC)	-2,6324	1370	-3,1628	1700	-2,0326	1608
L23(EXP)	2,6461	1369	0,2875	1708	-2,4654	1128
L24(EXP)	101,4605	1369	10,3316	1668	-88,3314	1128
L25(OPE)	104,1670	1369	11,2485	1668	-90,7968	1128
L26(OCC)	-15,8768	1369	-1,7251	1708	14,7926	1128

Pada Tabel 5.5 dapat diketahui ada 3 loadcase dengan defleksi yang besar yaitu:

- 1.L3 dengan defleksi 101,4605 mm arah DX, 10,6598 mm arah DY dan - 88,3314 mm arah DZ
- 2.L24 dengan defleksi 101,4605 mm arah DX, 10,3316 mm arah DY dan - 88,3314 mm arah DZ
- 3.L25 dengan defleksi 104,1670 mm arah DX, 11,2485 mm arah DY dan - 90,7968 mm arah DZ

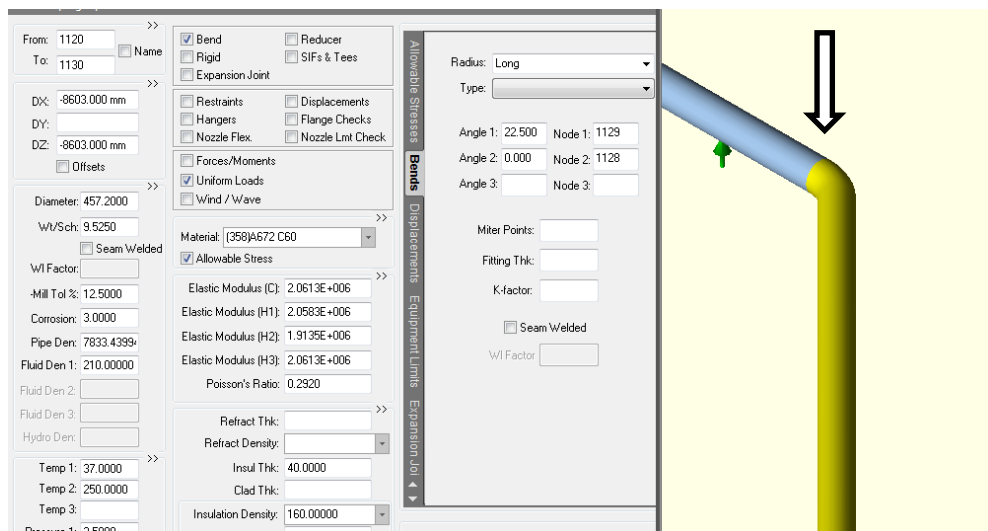
5.2.2. Analisa Tegangan Sesudah Modifikasi

A. Modifikasi Desain

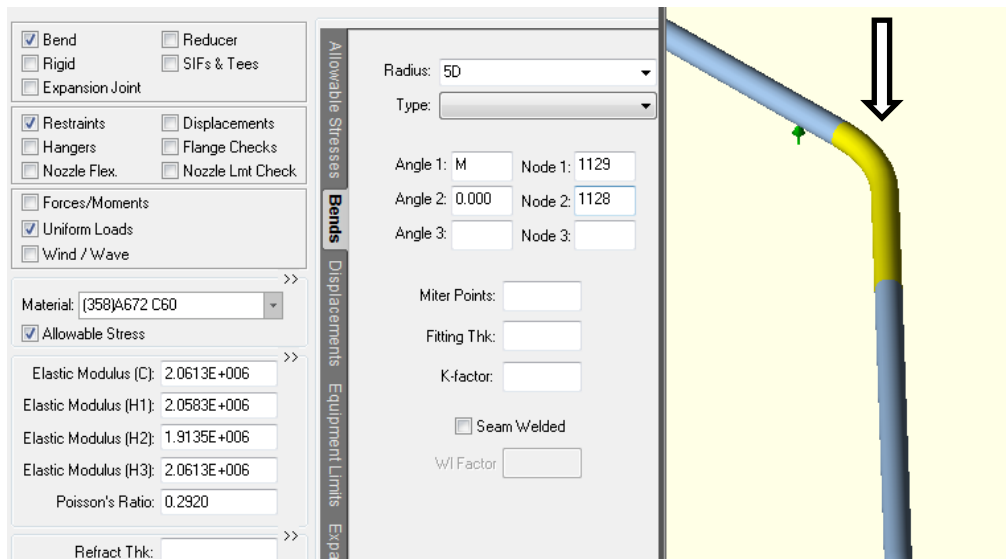
Dapat dilihat dari Tabel 5.4 di atas, bahwa dalam kasus tersebut yang mengalami *overstress* terdapat pada nodal 1128 dan 1060. Untuk membuat sistem lebih aman diperlukan modifikasi pada sistem perpipaan tersebut, modifikasi yang dilakukan sebagai berikut:

1. Penggantian Elbow

Penggantian elbow yang sebelumnya jenis *long* pada nodal 1128 dengan pipa *bend* radius 5D. Hal tersebut dilakukan untuk mengurangi derajat belokan yang terjadi pada nodal 1128 seperti pada Gambar 5.2 dan Gambar 5.3



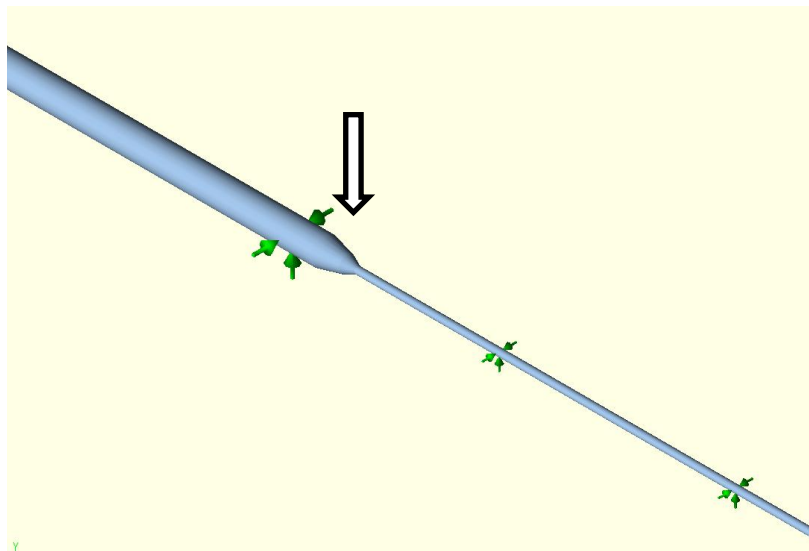
Gambar 5.2 Sebelum Penggantian *elbow* dengan *bend* 5D.



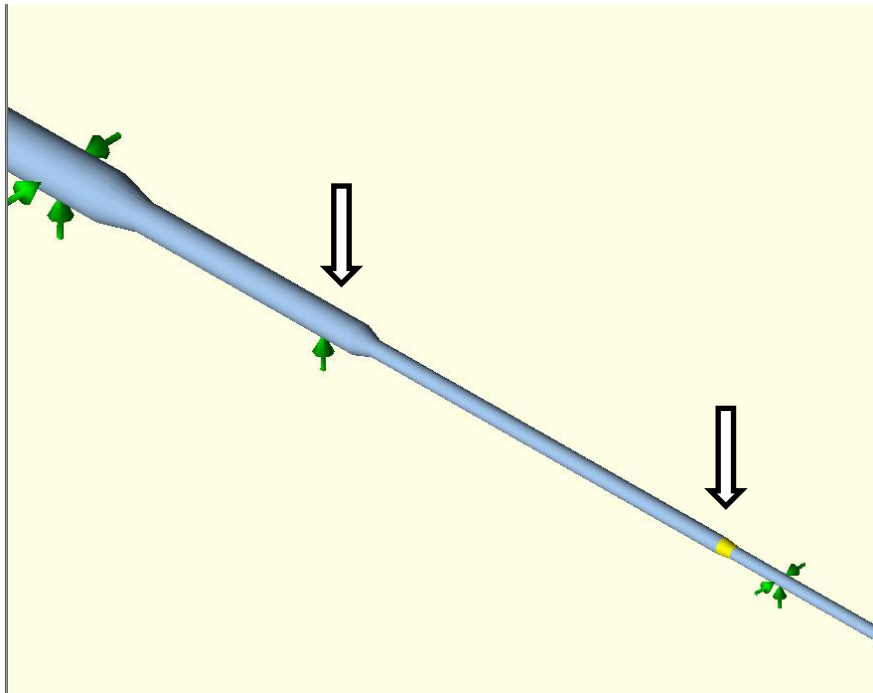
Gambar 5.3 Sesudah Penggantian *ellbow* dengan *bend* 5D.

2. Modifikasi dan Penambahan Komponen

Modifikasi untuk nodal 1060 merubah desain, mengganti dan menambah komponen. Komponen yang diganti berupa *reducer* 4"x10" dengan 4"x6" dan penambahan *reducer* 6"x10" serta pipa ukuran 6" panjang 3860 mm dan 10" dengan panjang 2400 mm untuk menghubungkan *reducer* pada sistem perpipaan yang di desain ulang, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.4 dan Gambar 5.5



Gambar 5.4 Sebelum Modifikasi Pemodelan pada nodal 1060.



Gambar 5.5 Sesudah Modifikasi Pemodelan pada nodal 1060.

B. *Stress Summary* Setelah Modifikasi

Setelah dilakukan modifikasi pada pemodelan di nodal yang mengalami *overstress*, hasil yang didapatkan ditunjukkan oleh Tabel 5.6

Tabel 5.6 *Stress Summary* Setelah Modifikasi.

<i>Load Case</i>	<i>Code Stress</i> (kPa)	<i>Allowable Stress</i> (kPa)	<i>Rasio</i> (%)	<i>Nodal</i>
L1 (HYD) WW+HP	381.71	2461.00	15.51	1720
L2(OPE) W+T1+P1	370.69			1030
L3(OPE) W+T2+P1	6792.05			1030
L4(OPE) W+T1+P1+U1	289.12			1020
L5(OPE) W+T1+P1-U1	285.20			1020
L6(OPE) W+T1+P1+U2	200.62			1020
L7(OPE) W+T1+P1-U2	371.23			1020
L8(OPE) W+T1+P1+U3	316.71			1020
L9(OPE) W+T1+P1-U3	316.71			1020
L10(SUS) W+P1	531.01	1223.63	43.40	1020
L11=L4-L2 (OCC)	281.48	1627.42	17.30	1035
L12=L5-L2 (OCC)	270.77	1627.42	16.64	1380
L13=L6-L2 (OCC)	396.08	1627.42	24.34	1030
L14=L7-L2 (OCC)	396.08	1627.42	24.34	1030
L15=L8-L2 (OCC)	463.25	1627.42	28.47	1020
L16=L9-L2 (OCC)	464.07	1627.42	28.52	1020
L17=L11+L10 (OCC)	751.29	1627.42	46.16	1020
L18=L12+L10 (OCC)	748.47	1627.42	45.99	1020
L19=L13+L10 (OCC)	592.85	1627.42	36.43	1020
L20=L14+L10 (OCC)	906.91	1627.42	55.73	1020
L21=L15+L10 (OCC)	806.35	1627.42	49.55	1020
L22=L16+L10 (OCC)	806.72	1627.42	49.57	1020
L23=L2-L10 (EXP)	102.25	3393.11	3.01	1608
L24=L3-L10 (EXP)	2559.44	3151.65	81.21	1209
L25=L2,L3 (OPE)	7147.87			1369
L26=L11,L12,L13,L14,L15,L16 (OCC)	1565.71	1627.42	96.21	1040

Pada Tabel 5.6 menunjukkan bahwa persentasi rasio tegangan pipa yang terjadi pada *loadcase* 24 dan 26 menurun dengan rasio masing-masing 87,05% dan 96,21%. Rasio terbesar yang dihasilkan tidak melebihi rasio yang telah ditetapkan, sehingga jalur pipa tersebut dapat dinyatakan aman

C. Analisa Defleksi Setelah modifikasi

Desain mengalami perubahan yang ditujukan untuk menghindari *overstress* yang terjadi, sehingga perlu analisa ulang defleksi setelah desain dimodifikasi. Hasil yang didapatkan ditunjukkan pada Tabel 5.7

Tabel 5.7 Defleksi Maksimum Sesudah Modifikasi.

Load Case	DX		DY		DZ	
	Besar (mm)	Nodal	Besar (mm)	Nodal	Besar (mm)	Nodal
L1 (HYD)	-0,5740	1669	-5,5868	1708	1,1456	1709
L2(OPE)	2,6461	1369	-3,0586	1260	-2,5718	1128
L3(OPE)	101,4608	1369	10,6598	1668	-95,3727	1128
L4(OPE)	1,4899	1669	-3,1333	1708	-0,9544	1125
L5(OPE)	-2,1482	1669	-3,2740	1708	1,1860	1708
L6(OPE)	-0,2238	1669	-2,1785	1708	0,4467	1709
L7(OPE)	-0,4345	1669	-4,2288	1708	0,8671	1709
L8(OPE)	-0,7474	1125	-3,5654	1708	1,5855	1700
L9(OPE)	0,7474	1125	-3,0586	1260	-1,5640	1590
L10(SUS)	-0,3291	1669	-3,2037	1708	0,6569	1709
L11(OCC)	2,4986	1329	-0,4173	1669	2,2131	1129
L12(OCC)	-2,8644	1369	-0,3579	1708	3,1077	1125
L13(OCC)	-2,6461	1369	0,9788	1260	2,5718	1128
L14(OCC)	-2,6461	1369	-1,3127	1708	2,5718	1128
L15(OCC)	-2,6967	1369	-0,6492	1708	3,3659	1125
L16(OCC)	-2,6324	1370	-0,3233	1668	-2,0326	1608
L17(OCC)	2,4986	1329	-3,4208	1708	2,2131	1129
L18(OCC)	-2,8644	1369	-3,5616	1708	3,1077	1125
L19(OCC)	-2,6461	1369	-2,4660	1708	2,5718	1128
L20(OCC)	-2,6461	1369	-4,5164	1708	2,5718	1128
L21(OCC)	-2,6967	1369	-3,8529	1708	3,3659	1125
L22(OCC)	-2,6324	1370	-3,1629	1700	-2,0326	1608
L23(EXP)	2,6461	1369	0,2875	1708	-2,5718	1128
L24(EXP)	101,4608	1369	10,3316	1668	-95,3727	1128
L25(OPE)	104,1070	1369	11,2485	1668	-97,9446	1128
L26(OCC)	-15,8768	1369	-1,7251	1708	15,4309	1128

Pada tabel diatas terlihat sedikit perubahan kenaikan nilai akibat dari modifikasi yaitu :

- 1.L3 dengan defleksi 101,4608 mm arah DX, 10,7569 mm arah DY dan - 95,3727 mm arah DZ
- 2.L24 dengan defleksi 101,4608 mm arah DX, 10,3316 mm arah DY dan - 95,3727 mm arah DZ
- 3.L25 dengan defleksi 104,1670 mm arah DX, 11,2485 mm arah DY dan - 97,9446 mm arah DZ

5.3. Analisa Kebocoran *Flange*

5.3.1. Analisa Sebelum Modifikasi

Analisa kebocoran *flange* berguna untuk mengetahui besar beban dan momen yang diterima oleh *flange* sehingga dapat menyebabkan kebocoran pada jalur pipa atau tidak terjadi kebocoran *flange*.

Terdapat satu *flange* pada jalur pipa 170-ACF0001-A2A3R-18"-ST RFCC di PT Pertamina (Persero) *Refinery Unit IV* Cilacap yaitu pada nodal 1750. Besar moment dan gaya, serta rasio dari hasil analisis yang diterima nodal 1750 dapat dilihat pada Tabel 5.8

Tabel 5.8 Data Pengecekan *Flange* Sebelum Modifikasi.

Line No.	Piping Class	Node	Dia. (in.)	Rating (#)	Gasket Type	Gasket Out. Dia. a1 (mm)	Joint Width J (mm)	Case No.	Temp. (OC)	Mat.	Flange Axial Direct.	Calculation Load					
												Force			Moment		
												Fx (N)	Fy (N)	Fz (N)	Mx (N.m)	My (N.m)	Mz (N.m)
170-AFC00 01-A2A3 R-18"-ST	Sch-STD	1750	18	150#	flat	549	27	L1	250	CS	y	1942	18682	220	-11695	548	4206
					flat	549	27	L2	250	CS	y	4119	11047	417	-5695	2844	-2806
					flat	549	27	L3	250	CS	y	108747	17219	10633	28695	90727	-183858
					flat	549	27	L4	250	CS	y	-4654	10532	-50	-6809	-2854	11190
					flat	549	27	L5	250	CS	y	6882	11245	303	-6604	3482	-6366
					flat	549	27	L6	250	CS	y	757	7404	86	-4560	214	1640
					flat	549	27	L7	250	CS	y	1470	14373	167	-8853	415	3184
					flat	549	27	L8	250	CS	y	-1148	10817	-5767	-16380	2498	6977
					flat	549	27	L9	250	CS	y	-1148	10817	-5767	-16380	2498	6977
					flat	549	27	L10	250	CS	y	1114	10888	126	-6707	314	2412
					flat	549	27	L11	250	CS	y	-8774	-515	-466	-1114	-5697	13996
					flat	549	27	L12	250	CS	y	2763	198	-114	-909	639	-3560
					flat	549	27	L13	250	CS	y	-3362	-3643	-331	1134	-2630	4446
					flat	549	27	L14	250	CS	y	-2649	3326	-250	-3158	-2429	5990
					flat	549	27	L15	250	CS	y	-5267	-230	-6183	-10686	-345	9784
					flat	549	27	L16	250	CS	y	-5267	-230	-6183	-10686	-345	9784
					flat	549	27	L17	250	CS	y	-7660	10374	-340	-7821	-5383	16408
					flat	549	27	L18	250	CS	y	3876	11086	12	-7616	953	-1148
					flat	549	27	L19	250	CS	y	-2248	7246	-204	-5572	-2316	6858
					flat	549	27	L20	250	CS	y	-1536	14214	-123	-9864	-2115	8402
					flat	549	27	L21	250	CS	y	-4153	10658	-6057	-17392	-31	12195
					flat	549	27	L22	250	CS	y	370	10802	5729	1956	-4399	3065
					flat	549	27	L23	250	CS	y	3006	158	290	1012	2529	-5218
					flat	549	27	L24	250	CS	y	107634	6330	10507	35402	90413	-186270
					flat	549	27	L25	250	CS	y	112867	28266	11049	23000	93571	-186664
					flat	549	27	L26	250	CS	y	-18033	-951	-1741	-6071	-15176	31309

Tabel 5.8 Data Pengecekan *Flange* Sebelum Modifikasi (Lanjutan)

Axial Force FA (DaN)	Bending Moment Mf (DaN.m)	Average Diameter G (mm)	Equivalent Pressure Peq1 (bar)	Oper. Pressure P (bar)	$\beta 1$	$(Peq1+P)/\beta 1$ (bar)	PASME (bar)	Ratio	Status
1868,20	1242,83	530,62883	5,08	3,43233	3,6	2,36	12,1	19,54%	Passed
1104,70	634,88	530,62883	2,66	3,43233	3,6	1,69	12,1	13,99%	Passed
1721,90	18608,38	530,62883	64,21	3,43233	3,6	18,79	12,1	155,28%	Not Passed
1053,20	1309,88	530,62883	4,94	3,43233	3,6	2,33	12,1	19,22%	Passed
1124,50	917,27	530,62883	3,63	3,43233	3,6	1,96	12,1	16,22%	Passed
740,40	484,59	530,62883	1,99	3,43233	3,6	1,51	12,1	12,44%	Passed
1437,30	940,82	530,62883	3,86	3,43233	3,6	2,02	12,1	16,73%	Passed
1081,70	1780,40	530,62883	6,56	3,43233	3,6	2,77	12,1	22,93%	Passed
1081,70	1780,40	530,62883	6,56	3,43233	3,6	2,77	12,1	22,93%	Passed
1088,80	712,75	530,62883	2,92	3,43233	3,6	1,76	12,1	14,58%	Passed
-51,50	1404,03	530,62883	4,76	3,43233	3,6	2,28	12,1	18,81%	Passed
19,80	367,42	530,62883	1,26	3,43233	3,6	1,30	12,1	10,78%	Passed
-364,30	458,83	530,62883	1,40	3,43233	3,6	1,34	12,1	11,09%	Passed
332,60	677,15	530,62883	2,46	3,43233	3,6	1,64	12,1	13,52%	Passed
-23,00	1448,85	530,62883	4,93	3,43233	3,6	2,32	12,1	19,19%	Passed
-23,00	1448,85	530,62883	4,93	3,43233	3,6	2,32	12,1	19,19%	Passed
1037,40	1817,66	530,62883	6,66	3,43233	3,6	2,80	12,1	23,18%	Passed
1108,60	770,20	530,62883	3,13	3,43233	3,6	1,82	12,1	15,05%	Passed
724,60	883,63	530,62883	3,34	3,43233	3,6	1,88	12,1	15,54%	Passed
1421,40	1295,73	530,62883	5,06	3,43233	3,6	2,36	12,1	19,49%	Passed
1065,80	2124,15	530,62883	7,72	3,43233	3,6	3,10	12,1	25,61%	Passed
1080,20	363,60	530,62883	1,73	3,43233	3,6	1,43	12,1	11,84%	Passed
15,80	531,52	530,62883	1,82	3,43233	3,6	1,46	12,1	12,06%	Passed
633,00	18960,44	530,62883	64,92	3,43233	3,6	18,99	12,1	156,91%	Not Passed
2826,60	18807,56	530,62883	65,39	3,43233	3,6	19,12	12,1	157,98%	Not Passed
-95,10	3189,22	530,62883	10,83	3,43233	3,6	3,96	12,1	32,74%	Passed

Pada Tabel 5.8 dapat diketahui bahwa *loadcase* L3, L24, L25 memiliki rasio yang melebihi *maximum allowable working pressure ASME B16.5* sehingga diperlukan modifikasi untuk mencegah kemungkinan terjadinya kebocoran pada *flange*.

5.3.2. Analisa Sesudah Modifikasi

Setelah modifikasi penggantian *flange* dengan rating lebih besar yaitu dari rating 150# menjadi rating 300#, sehingga rasio tidak melebihi *maximum allowable working pressure ASME B16.5*, karena rating *flange* berbanding lurus dengan *maximum allowable working pressure ASME B16.5*.

Setelah dilakukan penggantian *flange* didapatkan hasil rasio masing-masing *loadcase* L3, L24, L25 dengan nilai 44,84%; 45,31% dan 45,62%. untuk selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 5.9. Menggunakan *loadcase* L3 sesudah dimodif sebagai contoh perhitungan, nilai rasio tersebut didapatkan dengan cara sebagai berikut:

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

Dengan:

P_{eq} = Tekanan ekuivalen (bar)

P_{ASME} = *maximum allowable working pressure ASME B16.5* (bar)

P = Tekanan operasi (bar)

β = Beta pada *static loads* dan *dynamic loads* berfungsi untuk mengkoreksi batasan seluruh tekanan.

- Mencari nilai P_{eq}

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

$$P_{eq} = \frac{509296 \times 1721,90}{530,6288^3} + \frac{127 \times 18608,38}{530,6288^2}$$

$$P_{eq} = 64,21 \text{ bar}$$

- Mencari nilai P_{ASME}

Nilai P_{ASME} didapatkan menggunakan material *flange*, tekanan desain, dan suhu desain yang terdapat pada Tabel 5.1

Dapat diketahui dalam Tabel 5.1 nilai tekanan desain dan suhu desain adalah sebagai berikut:

Material = A105

T (suhu desain)= 250°C

P (tekanan desain)= 3,43233 bar

Sesudah diketahui material nilai tekanan dan suhu, nilai P_{ASME} dapat dilihat dari tabel yang terdapat di ASME B16.5. untuk melihat grup material dari *flange*, dapat dilihat dari ASME B16.5 atau bisa menggunakan Tabel 2.8, sesudah mengetahui grup material dan untuk memperoleh P_{ASME} dapat dilihat pada Tabel 2-1.1 ASME B16.5 atau Tabel 2.9. Dari *piping* material yang diketahui, dapat ditentukan bahwa nilai P_{ASME} sebesar 41,9 bar

- Mencari nilai β

Mencari nilai β ditentukan dari NPS dan rating pipa yang digunakan untuk menentukan nilai β pada Tabel 2.4 . diketahui bahwa NPS 18” dan rating 300# sehingga nilai β diperoleh sebesar 3,6.

Maka:

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

$$\frac{(64,21+3,43233)}{\beta_{3,6}} = 18,76 < 41,9$$

$$\text{Rasio : } \frac{18,76}{41,9} \times 100 = 44,84 \%$$

Besar gaya dan moment yang terjadi pada *flange* berpengaruh besar terhadap kebocoran pada flange yang menyebabkan tekanan ekuivalen tinggi. sedangkan gaya dan moment yang terjadi dipengaruhi oleh beban tekanan, beban temperatur, beban angin, beban berat dan beban gempa. Apabila masih terjadi

kebocoran dalam flange dapat ditanggulangi dengan memperbesar rating *flange* seperti dalam kasus load case L3. Hasil perhitungan sesudah dimodifikasi selengkapnya ditunjukkan pada tabel 5.9.

Tabel 5.9 Data Pengecekan *Flange* Sesudah Modifikasi.

Line No.	Piping Class	Node	Dia. (in.)	Rating (#)	Gasket Type	Gasket Out. Dia. a1 (mm)	Joint Width J (mm)	Case No.	Temp. (OC)	Mat.	Flange Axial Direct.	Calculation Load					
												Force			Moment		
												Fx (N)	Fy (N)	Fz (N)	Mx (N.m)	My (N.m)	Mz (N.m)
170-AFC0001-A2A3R-18"-ST	Sch-STD	1750	18	300#	flat	549	27	L1	250	CS	y	1942	18682	220	-11695	548	4206
					flat	549	27	L2	250	CS	y	4119	11047	417	-5695	2844	-2806
					flat	549	27	L3	250	CS	y	108747	17219	10633	28695	90727	-183858
					flat	549	27	L4	250	CS	y	-4654	10532	-50	-6809	-2854	11190
					flat	549	27	L5	250	CS	y	6882	11245	303	-6604	3482	-6366
					flat	549	27	L6	250	CS	y	757	7404	86	-4560	214	1640
					flat	549	27	L7	250	CS	y	1470	14373	167	-8853	415	3184
					flat	549	27	L8	250	CS	y	-1148	10817	-5767	-16380	2498	6977
					flat	549	27	L9	250	CS	y	-1148	10817	-5767	-16380	2498	6977
					flat	549	27	L10	250	CS	y	1114	10888	126	-6707	314	2412
					flat	549	27	L11	250	CS	y	-8774	-515	-466	-1114	-5697	13996
					flat	549	27	L12	250	CS	y	2763	198	-114	-909	639	-3560
					flat	549	27	L13	250	CS	y	-3362	-3643	-331	1134	-2630	4446
					flat	549	27	L14	250	CS	y	-2649	3326	-250	-3158	-2429	5990
					flat	549	27	L15	250	CS	y	-5267	-230	-6183	-10686	-345	9784
					flat	549	27	L16	250	CS	y	-5267	-230	-6183	-10686	-345	9784
					flat	549	27	L17	250	CS	y	-7660	10374	-340	-7821	-5383	16408
					flat	549	27	L18	250	CS	y	3876	11086	12	-7616	953	-1148
					flat	549	27	L19	250	CS	y	-2248	7246	-204	-5572	-2316	6858
					flat	549	27	L20	250	CS	y	-1536	14214	-123	-9864	-2115	8402
					flat	549	27	L21	250	CS	y	-4153	10658	-6057	-17392	-31	12195
					flat	549	27	L22	250	CS	y	370	10802	5729	1956	-4399	3065
					flat	549	27	L23	250	CS	y	3006	158	290	1012	2529	-5218
					flat	549	27	L24	250	CS	y	107634	6330	10507	35402	90413	-186270
					flat	549	27	L25	250	CS	y	112867	28266	11049	23000	93571	-186664
					flat	549	27	L26	250	CS	y	-18033	-951	-1741	-6071	-15176	31309

Tabel 5.9 Data Pengecekan *Flange* Sesudah Modifikasi (Lanjutan)

Axial Force FA (DaN)	Bending Moment Mf (DaN.m)	Average Diameter G (mm)	Equivalent Pressure Peq1 (bar)	Oper. Pressure P (bar)	$\beta 1$	$(Peq1+P)/\beta 1$ (bar)	PASME (bar)	Ratio	Status
1868,20	1242,83	530,62883	5,08	3,43233	3,6	2,36	41,9	5,64%	Passed
1104,70	634,88	530,62883	2,66	3,43233	3,6	1,69	41,9	4,04%	Passed
1721,90	18608,38	530,62883	64,21	3,43233	3,6	18,79	41,9	44,84%	Passed
1053,20	1309,88	530,62883	4,94	3,43233	3,6	2,33	41,9	5,55%	Passed
1124,50	917,27	530,62883	3,63	3,43233	3,6	1,96	41,9	4,68%	Passed
740,40	484,59	530,62883	1,99	3,43233	3,6	1,51	41,9	3,59%	Passed
1437,30	940,82	530,62883	3,86	3,43233	3,6	2,02	41,9	4,83%	Passed
1081,70	1780,40	530,62883	6,56	3,43233	3,6	2,77	41,9	6,62%	Passed
1081,70	1780,40	530,62883	6,56	3,43233	3,6	2,77	41,9	6,62%	Passed
1088,80	712,75	530,62883	2,92	3,43233	3,6	1,76	41,9	4,21%	Passed
-51,50	1404,03	530,62883	4,76	3,43233	3,6	2,28	41,9	5,43%	Passed
19,80	367,42	530,62883	1,26	3,43233	3,6	1,30	41,9	3,11%	Passed
-364,30	458,83	530,62883	1,40	3,43233	3,6	1,34	41,9	3,20%	Passed
332,60	677,15	530,62883	2,46	3,43233	3,6	1,64	41,9	3,91%	Passed
-23,00	1448,85	530,62883	4,93	3,43233	3,6	2,32	41,9	5,54%	Passed
-23,00	1448,85	530,62883	4,93	3,43233	3,6	2,32	41,9	5,54%	Passed
1037,40	1817,66	530,62883	6,66	3,43233	3,6	2,80	41,9	6,69%	Passed
1108,60	770,20	530,62883	3,13	3,43233	3,6	1,82	41,9	4,35%	Passed
724,60	883,63	530,62883	3,34	3,43233	3,6	1,88	41,9	4,49%	Passed
1421,40	1295,73	530,62883	5,06	3,43233	3,6	2,36	41,9	5,63%	Passed
1065,80	2124,15	530,62883	7,72	3,43233	3,6	3,10	41,9	7,39%	Passed
1080,20	363,60	530,62883	1,73	3,43233	3,6	1,43	41,9	3,42%	Passed
15,80	531,52	530,62883	1,82	3,43233	3,6	1,46	41,9	3,48%	Passed
633,00	18960,44	530,62883	64,92	3,43233	3,6	18,99	41,9	45,31%	Passed
2826,60	18807,56	530,62883	65,39	3,43233	3,6	19,12	41,9	45,62%	Passed
-95,10	3189,22	530,62883	10,83	3,43233	3,6	3,96	41,9	9,45%	Passed

5.4 Perbandingan Hasil Analisa Sebelum Modifikasi dan Data Analisa Perusahaan

Perbandingan hasil analisa bertujuan untuk mengetahui perbedaan hasil yang didapatkan dalam analisa menggunakan Caesar II 2013 dengan data analisa perusahaan, yang dapat diketahui sebagai berikut ini:

A. Tegangan

Tabel 5.10 Data Perusahaan

Load Case	Code Stress (kPa)	Allowable Stress (kPa)	Rasio (%)	Node
L1 (HYD) WW+HP	349,6	2460,8	14,2	1140
L10(SUS) W+P1	568	1342,8	42,3	1020
L17=L11+L10 (OCC)	579,4	1785,9	32,4	1020
L18=L12+L10 (OCC)	579,4	1785,9	32,4	1020
L19=L13+L10 (OCC)	742,3	1785,9	41,6	1020
L20=L14+L10 (OCC)	742,3	1785,9	41,6	1020
L21=L15+L10 (OCC)	1072	1785,9	60	1030
L22=L16+L10 (OCC)	1071,8	1785,9	60	1030
L23=L2-L10 (EXP)	218,5	3378,8	6,5	1129
L24=L3-L10 (EXP)	2247,1	3228,1	69,6	1340

Tabel 5.11 Hasil Pemodelan Ulang

Load Case	Code Stress (kPa)	Allowable Stress (kPa)	Rasio (%)	Node
L1 (HYD) WW+HP	381,71	2461,00	15,51	1720
L1 (HYD) WW+HP	350,76	2461	14,25	1140
L10(SUS) W+P1	519,85	1223,63	42,48	1020
L17=L11+L10 (OCC)	728,1	1627,42	44,74	1030
L18=L12+L10 (OCC)	713,25	1627,42	43,83	1030
L19=L13+L10 (OCC)	566,34	1627,42	34,80	1030
L20=L14+L10 (OCC)	875	1627,42	53,77	1030
L21=L15+L10 (OCC)	772,96	1627,42	47,50	1030
L22=L16+L10 (OCC)	773,35	1627,42	47,52	1030
L23=L2-L10 (EXP)	180,37	3421,32	5,27	1128
L24=L3-L10 (EXP)	2158,38	3153,64	68,44	1339
L24=L3-L10 (EXP)	6457,55	3200,86	201,74	1128

Pada tabel diatas dapat diketahui bahwa hasil berbeda, tetapi perbedaan hasil tersebut tidak terlalu signifikan. Perbedaan tersebut disebabkan dari *allowable stress* yang berbeda dari *software* Caesar yang digunakan.

B. Defleksi

Table 5.12 Perbandingan Hasil Analisa Defleksi

NO	Load Case	Hasil Data	DX		DY		DZ	
			Besar (mm)	Nodal	Besar (mm)	Nodal	Besar (mm)	Nodal
1	2	Perusahaan	7,874	1369	-0,00	1260	-7,276	1128
		Analisa	2,6461	1369	-3,0586	1260	-2,4654	1128
2	3	Perusahaan	110,616	1369	11,284	1668	-104,454	1128
		Analisa	101,4608	1369	10,6598	1668	-88,331	1128
3	10	Perusahaan	-0,361	1669	-3,181	1708	0,801	1709
		Analisa	-0,3291	1669	-3,2037	1708	0,6569	1709

Hasil perbandingan defleksi dari hasil data perusahaan dan analisa ulang terjadi perbedaan, tetapi perbedaan nilai tidak terlalu signifikan. Perbedaan tersebut diakibatkan dari penggunaan *software* dengan versi yang berbeda. Versi tersebut adalah Caesar II 2013 yang digunakan mahasiswa dan Caesar II Configuration yang digunakan perusahaan.