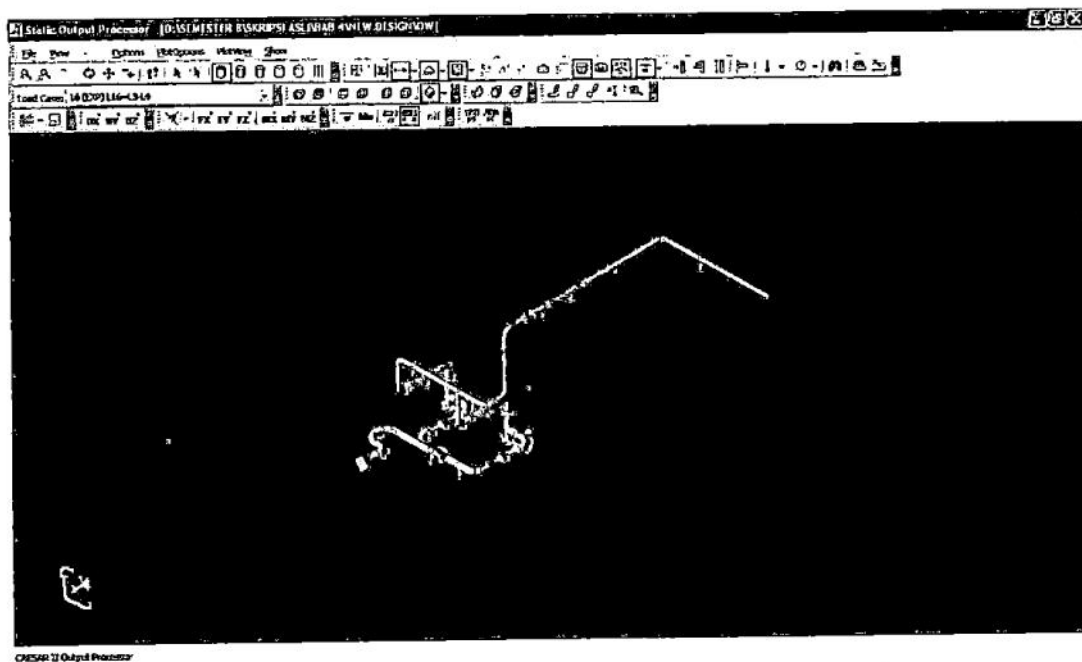


## BAB VI

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 6.1. Visualisasi pemodelan desain

Langkah awal untuk menganalisis beban nozzle pompa dan kebocoran flange pada *Oily Water Treatment Project* jalur pipa 6"-OW-B05 nomor 17152 dan 17153 serta jalur pipa 4"-OW-B05 nomor 17171 dan 17174 dengan ditandai 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 5.0. Visualisasi tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

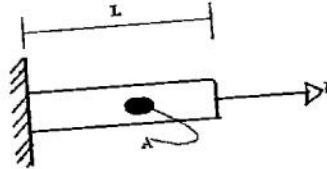


Gambar 6.1. Visualisasi pemodelan desain *Oily Water Treatment Project*

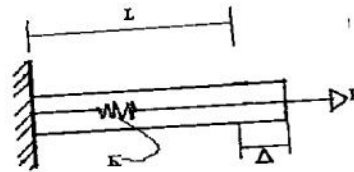
Sebelum hasil visualisasi pemodelan desain selesai, terdapat pengimputan dalam hal penambahan - penambahan struktur pemodelan desain yang tidak terdapat pada gambar isometrik jalur *Oily Water Treatment Project* dan penambahan data yang tidak dijelaskan sebelumnya. Sebab dari itu, penjelasan pengimputan tersebut adalah:

1. Penambahan struktur support jenis guide teretak pada node 160 dan 1160.
2. Penambahan panjang 100 mm pada node 430 - 435 disebabkan kesalahan pemberian ukuran pada gambar isometrik yang menyebabkan pemodelan desain pada Caesar II versi 5.0 terjadi kekosongan pipa atau tidak tersambung pipa dari node 430 sampai 440 dan menghasilkan error ketika pengecekan pada *error and warnings*.
3. Penambahan input data translasi dan data rotasi pada node 670

- Data translasi



Gambar 6.2. Profil benda tidak ada translasi



Gambar 6.3. Profil benda terdapat translasi

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

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

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

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

Diketahui :  $d_o = 114 \text{ mm} = 0.114 \text{ m}$

$d_i = 97 \text{ mm} = 0.097 \text{ m}$

$L = 3051 \text{ mm} = 3.051 \text{ m}$

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

Ditanyakan :  $K \text{ (N/cm)}$  ?

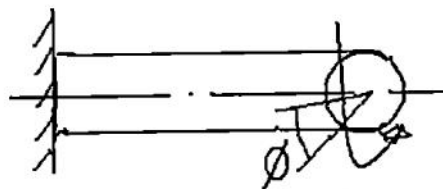
Jawaban :

$$K = \frac{\frac{\pi}{4} \times (0.114^2 - 0.097^2) \times (200 \times 10^9)}{3.051}$$

$$K = 184675399 \text{ N/m} \times \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}}$$

$$K = 1846753.99 \text{ N/cm}$$

- Data rotasi



Gambar 6.4. Profil benda terdapat rotasi

$$T = K.r.\phi \dots\dots\dots(6.5)$$

$$\phi = \frac{T.L}{I_p.G} \dots\dots\dots(6.6)$$

$$I_p = \frac{\pi}{32} (d_o^4 - d_i^4) \dots\dots\dots(6.7)$$

$$K_r = \frac{T}{\phi} = \frac{T}{\frac{T.L}{I_p.G}} \Rightarrow K_r = \frac{I_p.G}{L} \dots\dots\dots(6.8)$$

Diketahui :  $d_o = 114 \text{ mm} = 0.114 \text{ m}$

$d_i = 97 \text{ mm} = 0.097 \text{ m}$

$L = 3051 \text{ mm} = 3.051 \text{ m}$

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

Ditanyakan :  $K_r \text{ (N/cm)}$  ?

$$\text{Jawaban : } K_r = \frac{\frac{\pi}{32} \times (0.114^4 - 0.097^4) \times (80 \times 10^9)}{3.051}$$

$$K_r = 206882.6158 \text{ N/m} \times \frac{1\text{m}}{100\text{cm}}$$

$$K_r = 2068.8261 \text{ N/cm}$$

## 6.2. Modifikasi desain

Modifikasi diperlukan bilamana terjadi *problem* atau *trouble* di instalasi perpipaan yang mengharuskan merubah memodifikasi struktur perpipaanya baik jalur routing perpipaanya maupun struktur bangun yang mendukungnya.

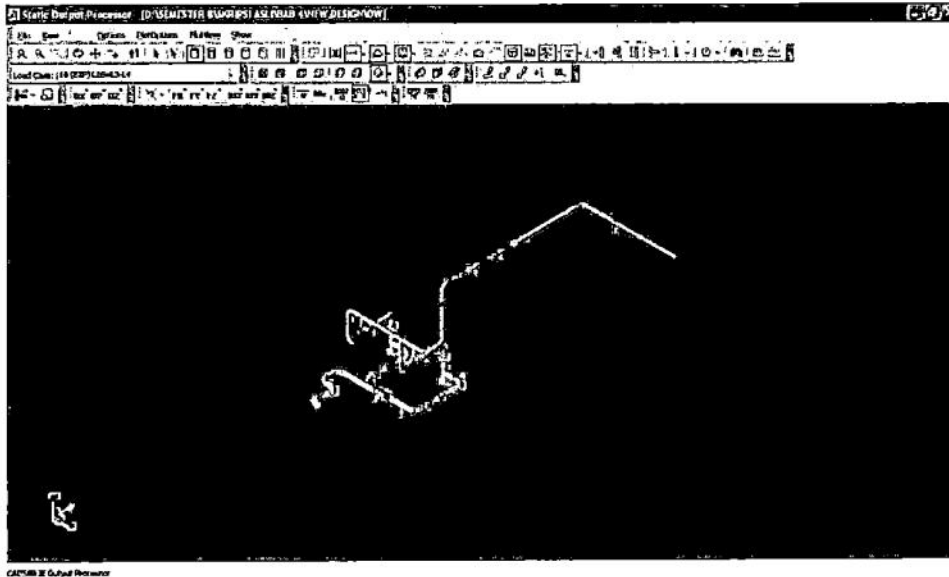
Pemahaman seorang *pipe engineer* dalam menyikapi hal modifikasi sangatlah diperlukan sebab *problem – problem* atau *trouble* yang terjadi dilapangan maupun di instalasi begitu kompleks, seperti halnya yang terjadi pada *Oily Water Treatment Project jalur pipa 6"-OW-B05 nomor 17152 dan 17153 serta jalur pipa 4"-OW-B05 nomor 17171 dan 17174* mengalami *trouble* di bagian *6"-OW-B05 nomor 17152 dan 17153* jalur pompanya sehingga di perlukan modifikasi jalur pipa - pipanya.

Penjabaran modifikasinya berikut ini:

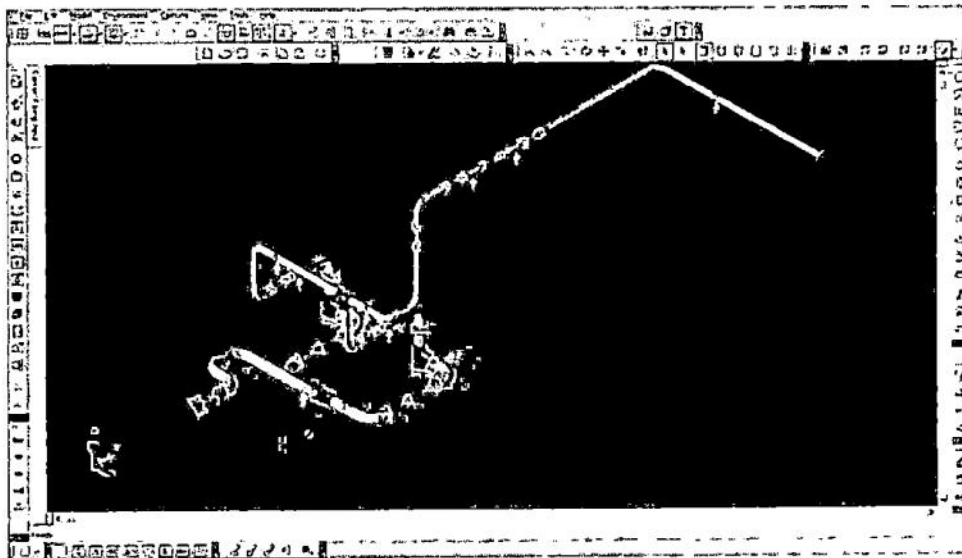
Tabel 6.1. Modifikasi desain

No	Node	Support	Modifikasi
1	80 – 1085	base support +z ada	base support dihilangkan
2	1160 – 1170	Tidak ada	Ditambahkan support guide dan base support arah z positif

Penjelasan modifikasi dari ke dua nomor ditabel 6.1 adalah untuk menurunkan tinggi angka gaya (*force*) dan momen baik arah X,Y,Z yang disebabkan oleh tingginya angka beban *Operating*, dan beban *Expansion*. Sehingga tinggi angka beban *operating* dan beban *expansion* dapat turun supaya suction pump pada node 1180 dapat mengalirkan fluida dan beban yang terjadi tidak melebihi beban ijin atau sesuai baik vendor maupun API Standard 610 Tenth Edition, October 2004. Berikut ini penandaan modifikasi dari dua nomor tabel 6.1 pada gambar 6.6.



Gambar 6.5. Visualisasi pemodelan desain *Oily Water Treatment* Project sebelum di modifikasi



Gambar 6.6. Visualisasi pemodelan desain *Oily Water Treatment* Project sesudah di modifikasi

### 6.3. Load case

Load case merupakan bagian dari software Caesar II versi 5.0 yang berfungsi untuk mengkalkulasi beban – beban seperti beban temperature, tekanan, hydrotest, berat, akselerasi gempa, dan angin sebagai kasus yang dicari dan untuk menentukan hasil dari kasus yang mau di cari. Berikut ini beberapa beban yang dikalkulasikan pada load case, yaitu:

1. (HYD)WW+HP
2. (OPE)W+T1+P1
3. (OPE)W+T2+P1
4. (SUS)W+P1
5. (OCC)U1
6. (OCC)U2
7. (OCC)U3
8. (OCC)WIN1
9. (OCC)WIN2
10. (SUS)WNC
11. (EXP)L2-L4
12. (EXP)L3-L4
13. (OCC)L5+L6+L7
14. (OCC)L8,L9
15. (OCC)L4+L14
16. (EXP)L11,L12
17. (OCC)L4+L13
18. (OPE)L2,L3
19. (OPE)L18+L14
20. (OPE)L18+L13

#### 6.4. Analisis kebocoran flange

Analisis ini di tunjukkan untuk mengetahui kebocoran flange atau tidak pada jalur 6"-OW-B05 nomor 17152 dan 17153 serta jalur pipa 4"-OW-B05 nomor 17171 dan 17174 dengan membandingkan antara tekanan ekuivalen ( $p_{eq}$ ) yang dipengaruhi besaran gaya dan momen X, Y, Z terhadap  $P_{ASME}$  (*maximum allowable working pressure*).

Terdapat 21 flange pada jalur 6"-OW-B05 nomor 17152 dan 17153 serta jalur pipa 4"-OW-B05 nomor 17171 dan 17174 sehingga analisa kebocoran flange mengambil satu flange di node 20 jalur 6"-OW-B05 no 17153 sebagai sampel yang akan dianalisa, dikarenakan metode penganalisaan ke 20 flange lainnya sama dengan metode penganalisaan satu flange node 20 yang telah dijadikan sebagai sampel penganalisaan kebocoran.

Berikut ini tabel ratio tekanan ekuivalen ( $p_{eq}$ ) flange node 20 jalur 6"-OW-B05 no 17153 dengan  $P_{ASME}$  (*maximum allowable working pressure*).

Tabel 6.2. Ratio flange node 20

No Load Case	Equivalent Pressure $P_{eq1}$ (bar)	Oper. Pressure P (bar)	$\beta_1$	$(P_{eq1}+P)/\beta_1$ (bar)	$P_{ASME}$ (bar)	Ratio	Status
1	1.07	2	3.5	0.88	17.9264	4.90%	Passed
2	9.17	2	3.5	3.19	17.9264	17.80%	Passed
3	2.87	2	3.5	1.39	17.9264	7.77%	Passed
4	1.07	2	3.5	0.88	17.9264	4.89%	Passed
5	0.77	2	3.5	0.79	17.9264	4.41%	Passed
6	0.14	2	3.5	0.61	17.9264	3.40%	Passed
7	0.36	2	3.5	0.67	17.9264	3.76%	Passed



Tabel 6.3. Ratio flange node 20 ((lanjutan)

No Load Case	Equivalent Pressure $P_{eq1}$ (bar)	Oper. Pressure P (bar)	$\beta_1$	$(P_{eq1}+P)/\beta_1$ (bar)	$P_{ASME}$ (bar)	Ratio	Status
8	0.53	2	3.5	0.72	17.9264	<b>4.03%</b>	Passed
9	0.13	2	3.5	0.61	17.9264	<b>3.40%</b>	Passed
10	0.76	2	3.5	0.79	17.9264	<b>4.40%</b>	Passed
11	9.80	2	3.5	3.37	17.9264	<b>18.80%</b>	Passed
12	3.39	2	3.5	1.54	17.9264	<b>8.60%</b>	Passed
13	0.92	2	3.5	0.83	17.9264	<b>4.65%</b>	Passed
14	0.52	2	3.5	0.72	17.9264	<b>4.01%</b>	Passed
15	1.28	2	3.5	0.94	17.9264	<b>5.23%</b>	Passed
16	9.80	2	3.5	3.37	17.9264	<b>18.80%</b>	Passed
17	1.87	2	3.5	1.11	17.9264	<b>6.17%</b>	Passed
18	9.17	2	3.5	3.19	17.9264	<b>17.80%</b>	Passed
19	8.61	2	3.5	3.03	17.9264	<b>16.91%</b>	Passed
20	8.38	2	3.5	2.96	17.9264	<b>16.54%</b>	Passed

Tabel 6.4. Data flange node 20

No load case	Gasket Out. Diameter (mm)	Joint Width J (mm)	Calculation Load					
			Force			Moment		
			Fx (N)	Fy (N)	Fz (N)	Mx (N.m)	My (N.m)	Mz (N.m)
1	222	54	-92	-19	536	144	25	69
2	222	54	1370	4749	-382	-128	-77	-1116
3	222	54	410	1663	218	49	-10	-340
4	222	54	-91	-19	535	143	25	69
5	222	54	-208	-50	-1	-1	1	116

Tabel 6.5. Data flange node 20 ((lanjutan)

No load case	Gasket Out.Diameter (mm)	Joint Width J (mm)	Calculation Load					
			Force			Moment		
			Fx (N)	Fy (N)	Fz (N)	Mx (N.m)	My (N.m)	Mz (N.m)
6	222	54	15	-106	-26	-14	3	21
7	222	54	14	1	-104	-52	-5	-9
8	222	54	-152	-35	-4	-3	1	80
9	222	54	17	-101	-31	-16	4	19
10	222	54	-63	-13	373	102	17	48
11	222	54	1461	4768	-917	-272	-103	-1185
12	222	54	502	1682	-317	-94	-35	-409
13	222	54	209	117	107	54	6	118
14	222	54	-152	-101	-31	-16	4	80
15	222	54	-243	-120	503	127	29	149
16	222	54	1461	4768	-917	-272	-103	-1185
17	222	54	117	98	642	198	31	186
18	222	54	1370	4749	-382	-128	-77	-1116
19	222	54	1218	4648	-413	-145	-73	-1036
20	222	54	1579	4866	-275	-74	-71	-998

Ratio tertinggi flange node 20 yang di tunjukkan pada tabel ratio terjadi pada no load case 11 (EXP)L2-L4 dan 16 (EXP)L11,L12 sebesar 18.80%. Ratio tertinggi tersebut memiliki arti sebagai tanda Flange node 20 tidak mengalami kebocoran karena ratio 18.80% adalah hasil perbandingan antara tekanan equivalen ( $p_{eq}$ )

dengan  $P_{ASME}$  (*maximum allowable working pressure*) yang telah distandarkan pada ASME B16.5 untuk flange.

Ratio 18.80% didapat dari perhitungan tekanan equivalen ( $peq$ ) ditambah  $P$  tekanan operasional dan dibagi  $\beta$   $\frac{(Peq + P)}{\beta} < P_{ASME}$  namun ratio tersebut bisa dinyatakan lebih tinggi dari 18.80% bilamana faktor  $\beta$  tidak ada.

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

$(Peq + P) < P_{ASME}$   
Penjabaran metode  $\frac{(Peq + P)}{\beta} < P_{ASME}$  yang mendapatkan rasio sebesar 18.80% adalah sebagai berikut:

$$\text{ratio} = \frac{(Peq + P)}{\beta} < P_{ASME} \dots\dots\dots(6.9)$$

$$\text{ratio} = \frac{(9.80 + 2)}{3.5} < 17.9264 = 0.1880$$

$$\text{ratio} = 0.1880 \times 100\% = 18.80\%$$

Dengan :

- $Peq$  = tekanan equivalen (bar)

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

$$peq = \frac{509296 \times 121.58}{196.0192^3} + \frac{127 \times 476.80}{196.0192^2}$$

$$peq = 9.80 \text{ bar}$$

$$MF = \sqrt{Mi^2 + Mt^2}$$

$$MF = \sqrt{(-1185)^2 + (-272^2)} \times 0.1$$

$$MF = 121.58 \text{ DaN.m}$$

$$FA = 4768 \times 0.1$$

$$FA = 476.8 \text{ DaN}$$

$$G = 222 - 2 \times 2.5 \times \sqrt{\frac{54}{2}}$$

$$G = 196.0192 \text{ mm}$$

Data gaya *force*, momen dan diameter gasket untuk tekanan equivalen (peq) dapat dilihat dari tabel 6.4.

- $P_{ASME} = \text{maximum allowable working pressure ASME B16.5 (bar)}$

$P_{ASME}$  didapat dari ASME B16.5 tabel 2 yang di tentukan oleh temperature node 20 yang di ubah ke fahrenheit dan tekanan yang diubah ke psig, tekanan diambil dari *pipng material clasess*.

$$P_{ASME} \Rightarrow T = 50^{\circ}\text{C} \times 33.8 = 122 \text{ F, rating flange 150\#}$$

$$P_{ASME} = 260 \text{ psig} \times 0.0689476 = 17.9264 \text{ bar}$$

- $P = \text{tekanan operasi (bar)}$   
 $P = 2 \text{ bar (lihat pada tabel 6.2)}$
- $\beta = \text{beta pada static loads and dynamic loads fungsinya untuk mengkoreksi batasan seluruh tekanan.}$

$\beta$  didapat dari tabel *static loads* yang di tentukan oleh diameter luar pipa dan rating pipa, rating pipa diambil dari *pipng material clasess*.

$$\beta \Rightarrow D = 6'' \text{ inchi, rating pipa} = 150\#$$

$$\beta = 3.5 \text{ (lihat pada tabel 6.2)}$$

Berdasarkan penjabaran metode ratio diatas  $P$  tekanan operasional dan  $\beta$  (beta) tidak berpengaruh besar terhadap ratio antara tekanan equivalen ( $peq$ ) 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 20 adalah besarnya angka gaya *force* dan momen yang terjadi pada flange node 20 yang menjadikan angka tekanan equivalen ( $peq$ ) tinggi. Besarnya angka gaya *force* dan momen dipengaruhi oleh beban – beban yang terjadi pada flange node 20 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 *Occassional*, beban *Sustained*, beban *Expansion*, dan beban *Hydrotest* yang tergantung dari intensitas cara kerjanya dan cara kerjanya itu sendiri.

Seperti yang telah dibicarakan diatas untuk penganalisaan kebocoran 20 flange lainnya pada jalur 6"-OW-B05 nomor 17152 dan 17153 serta jalur pipa 4"-OW-B05 nomor 17171 dan 17174 sama dengan metode penganalisaan satu flange node 20 yang telah dijadikan sampel sehingga didapat tabel ke 20 flange seperti dibawah ini.

Tabel 6.6. Ratio keseluruhan flange

No	Load Case	Node	$(Peq_1+P)/\beta_1$ (bar)	$P_{ASME}$ (bar)	Ratio	Status
1	(OPE)W+T1+P1	110	1.06	17.9264	5.93%	Passed
2	(OPE)W+T1+P1	130	1.50	17.9264	8.36%	Passed
3	(OPE)L18+L14	180	1.61	17.9264	9.00%	Passed

Tabel 6.7. Ratio keseluruhan flange (lanjutan)

No	Load Case	Node	$(P_{eq1}+P)/\beta_1$ (bar)	$P_{ASME}$ (bar)	Ratio	Status
4	(OPE)W+T1+P1	300	1.83	46.5396	<b>3.93%</b>	Passed
5	(EXP)L2-L4	380	2.32	46.5396	<b>4.99%</b>	Passed
6	(OPE)L18+L14	400	1.37	46.5396	<b>2.95%</b>	Passed
7	(EXP)L11,L12	480	1.96	46.5396	<b>4.22%</b>	Passed
8	(EXP)L11,L12	490	2.58	46.5396	<b>5.55%</b>	Passed
9	(OPE)L18+L14	530	1.46	46.5396	<b>3.13%</b>	Passed
10	(OPE)L18+L14	540	1.41	46.5396	<b>3.04%</b>	Passed
11	(EXP)L11,L12	580	3.50	46.5396	<b>7.51%</b>	Passed
12	(EXP)L11,L12	590	4.29	46.5396	<b>9.23%</b>	Passed
13	(EXP)L11,L12	630	2.71	46.5396	<b>5.82%</b>	Passed
14	(EXP)L11,L12	640	2.69	46.5396	<b>5.78%</b>	Passed
15	(OPE)L18+L13	1110	2.90	17.9264	<b>16.20%</b>	Passed
16	(OPE)L18+L13	1130	1.98	17.9264	<b>11.06%</b>	Passed
17	(OPE)L18+L13	1180	2.33	17.9264	<b>12.99%</b>	Passed
18	(EXP)L11,L12	1300	1.81	46.5396	<b>3.89%</b>	Passed
19	(OPE)L18+L13	1380	2.63	46.5396	<b>5.66%</b>	Passed
20	(OPE)L18+L14	1400	1.71	46.5396	<b>3.67%</b>	Passed

Dapat disimpulkan dari keseluruhan penganalisisan kebocoran flange yang perlu diwaspadai dalam jalur 6"-OW-B05 nomor 17152 dan 17153 serta jalur pipa 4"-OW-B05 nomor 17171 dan 17174 adalah flange node 20 jalur 6"-OW-B05 nomor 17153 karena jalur tersebut jalur kritis jalur yang mengalami angka gaya *force* dan momen tertinggi di antara jalur yang lain yang menjadi *warning* kemungkinan terjadinya kebocoran flange.

### 6.5. Analisis beban pompa menurut beban ijin vendor allowable dan standard API 610

Analisis ini di tunjukkan untuk mengetahui besaran beban gaya *force* dan momen yang mengenai pompa pada jalur 6"-OW-B05 nomor 17152 dan 17153 serta jalur pipa 4"-OW-B05 nomor 17171 dan 17174 dengan membandingkan terhadap beban ijin vendor allowable dan menurut standard API 610.

Penganalisan besaran beban gaya *force* dan momen pada pompa 14 P-17170A dan 14 P-17170B jalur *suction* maupun jalur *discharge* terhadap beban ijin vendor allowable dan menurut standard API 610 mengambil satu pompa 14 P-17170B jalur *suction* sebagai sampel untuk di analisis terhadap beban ijin standard API 610.

Tabel 6.8. Nozzel pompa 14 P-17170B node 1180

No Load Case	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
1	-48	304	938	278	217	-44
2	2065	-2120	-1172	435	444	964
3	691	-451	-922	333	399	311
4	-48	303	937	277	216	-44
5	103	-83	9	-5	-1	30
6	19	-404	-14	27	-2	42
7	7	-137	68	-39	-18	10
8	99	-51	9	-6	-2	25
9	22	-370	-11	22	-4	38

Tabel 6.9. Nozzel pompa 14 P-17170B node 1180 ((lanjutan)

No Load Case	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
10	-33	211	643	192	148	-31
11	2112	-2423	-2108	157	228	1008
12	739	-755	-1858	56	183	355
13	105	434	70	48	18	53
14	99	-370	-11	22	-4	38
15	51	-67	926	300	213	-6
16	2112	-2423	-2108	157	228	1008
17	57	738	1007	325	235	9
18	2065	-2120	-1172	435	444	964
19	2164	-2490	-1182	457	441	1002
20	2169	-1685	-1102	482	463	1017
<b>Total maksimum</b>	2169	2490	2108	482	463	1017
<b>ALLOWABLE ACCORDING TO API standard 610</b>	2491	3113.75	2046.18	1179.56	2304.89	1762.56

**LOADS ON NOZZLE ARE ACCEPTABLE**



Total maksimum pada nozzel pompa 14 P-17170B node 1180 yang ditunjukkan pada tabel 6.8 menggambarkan nilai – nilai tertinggi beban gaya *force* dan momen yang terjadi sehingga menjadi acuan untuk perbandingan terhadap beban ijin standard API 610.

Hasil dari perbandingan nilai tertinggi antara beban gaya *force* dan momen terhadap beban ijin standard API 610 menurut metode perhitungan standard API 610, pompa 14 P-17170B node 1180 suction mengalami gagal atau pecah yang ditandai dengan warna merah di bawah ALLOWABLE ACCORDING TO API standard 610 sehingga untuk mendapatkan pompa 14 P-17170B node 1180 suction tidak mengalami gagal atau pecah seperti tertera pernyataan coment *Loads on nozzle are acceptable* maka digunakan metode perhitungan *Heavy Duty Pump*. Dibawah ini penjabaran metode standard API 610 hingga menggunakan metode perhitungan *Heavy Duty Pump* pada FZ(n).

Total maksimum FX(n) = nilai maksimum(48, 2065, 691, 48, 103, 19, 7, 99, 22, 33, 2112, 739, 105, 99, 51, 2112, 57, 2065, 2164, 2169)

Total maksimum FX(n) = 2169 N

Total maksimum FY(n) = nilai maksimum(304, 2120, 451, 303, 83, 404, 137, 51, 370, 211, 2423, 755, 434, 370, 67, 2423, 738, 2120, 2490, 1685 )

Total maksimum FY(n) = 2490 N

Total maksimum FZ(n) = nilai maksimum(938, 1172, 922, 937, 9, 14, 68, 9, 11, 643, 2108, 1858, 70, 11, 926, 2108, 1007, 1172, 1182, 1102)

Total maksimum FZ(n) = 2108 N

Total maksimum MX(N.m) = nilai maksimum(278, 435, 333, 277, 5, 27, 39, 6, 22, 192, 157, 56, 48, 22, 300, 157, 325, 435, 457, 482)

Total maksimum MX(N.m) = 482 N.m

Total maksimum MY(N.m) = nilai maksimum(217, 444, 399, 216, 1, 2, 18, 2, 4, 148, 228, 183, 18, 4, 213, 228, 235, 444, 441, 463)

Total maksimum MY(N.m) = 463 N.m

Total maksimum MZ(N.m) = nilai maksimum(44, 964, 311, 44, 30, 42, 10, 25, 38, 31, 1008, 355, 53, 38, 6, 1008, 9, 964, 1002, 1017)

Total maksimum MZ(N.m) = 1017 N.m

Perbandingan = total maksimum < ijin standard API 610

$$F_x < F_{ax} \dots\dots\dots(6.10)$$

$$F_y < F_{ay} \dots\dots\dots(6.11)$$

$$F_z < F_{az} \dots\dots\dots(6.12)$$

$$M_x < M_{ax} \dots\dots\dots(6.13)$$

$$M_y < M_{ay} \dots\dots\dots(6.14)$$

$$M_z < M_{az} \dots\dots\dots(6.15)$$

Perbandingan =  $F_x < F_{ax} = 2169 < 2491$

= loads on nozzle are acceptable

$$\text{Perbandingan} = F_y < F_{ay} = 2490 < 3113$$

= loads on nozzle are acceptable

$$\text{Perbandingan} = F_z < F_{az} = 2108 < 2046$$

= loads on nozzle are not acceptable

Sehingga di gunakan metode Heavy Duty Pump.

$$\text{Perbandingan} = F_z < 2 \times F_{az} = 2108 < 2 \times 2046$$

= loads on nozzle are acceptable

$$\text{Perbandingan} = M_x < M_{ax} = 482 < 1179$$

= loads on nozzle are acceptable

$$\text{Perbandingan} = M_y < M_{ay} = 463 < 2304$$

= loads on nozzle are acceptable

$$\text{Perbandingan} = M_z < M_{az} = 1017 < 1762$$

= loads on nozzle are acceptable

Berdasarkan penjabaran metode perhitungan yang telah dilakukan, di dapat kesimpulan bahwa nozzle pompa 14 P-17170B node 1180 suction pada gaya *force* kearah Z (FZ) menggunakan metode perhitungan *Heavy Duty Pump*, dikarenakan perbandingan dengan Standard API 610 masih gagal atau pecah, sehingga digunakanlah metode *Heavy Duty Pump* untuk melebihi beban FZ yang mengenai pompa 14 P-17170B node 1180 suction sehingga kinerja nozzle pompa dalam

penghisapan fluida jenis cair *oily water* tidak mengalami kerusakan, gagal ataupun pecah.

Untuk metode penganalisisan pompa 14 P-17170A jalur *suction* node 180 dan jalur *discharge* node 300 dan 14 P-17170B jalur *discharge* node 1300 terhadap beban ijin vendor allowable dan terhadap beban ijin menurut standard API 610 sama metode penganalisisannya dengan metode penganalisisan pompa 14 P-17170B jalur *suction* node 1180 namun tidak menggunakan metode perhitungan *Heavy Duty Pump*. Sehingga didapat hasil seperti tabel di bawah ini.

Tabel 6.10. Perbandingan total maksimum pompa dengan Standard API 610

<b>Deskriptor</b>	<b>FX (N)</b>	<b>FY (N)</b>	<b>FZ (N)</b>	<b>MX (N.m)</b>	<b>MY (N.m)</b>	<b>MZ (N.m)</b>
Pompa 14 P-17170A jalur <i>discharge</i> node 300	890	195	930	793	50	32
Pompa 14 P-17170B jalur <i>discharge</i> node 1300	993	417	691	868	202	140
<b>ALLOWABLE ACCORDING TO API standard 610</b>	2046	2491	3113	1179	2304	1762
<b>LOADS ON NOZZLE ARE ACCEPTABLE</b>						
Pompa 14 P-17170A jalur <i>suction</i> node 180	695	1059	1125	132	385	360
<b>ALLOWABLE ACCORDING TO API standard 610</b>	2491	3113	2046	1179	2304	1762
<b>LOADS ON NOZZLE ARE ACCEPTABLE</b>						

Tabel 6.11. Perbandingan total maksimum pompa dengan vendor allowable pump

Deskription	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (N.m)	MY (N.m)	MZ (N.m)
Pompa 14 P-17170A jalur suction node 180	695	1059	1125	132	385	360
Pompa 14 P-17170B jalur suction node 1180	2169	2490	2108	482	463	1017
ALLOWABLE ACCORDING TO VENDOR DATA	2250	3000	2250	1200	1500	1200
<b>LOADS ON NOZZLE ARE ACCEPTABLE</b>						
Pompa 14 P-17170B jalur discharge node 300	890	195	930	793	50	32
Pompa 14 P-17170B jalur discharge node 1300	993	417	691	868	202	140
ALLOWABLE ACCORDING TO VENDOR DATA	2250	2250	3000	1200	1200	1500
<b>LOADS ON NOZZLE ARE ACCEPTABLE</b>						

Kesimpulan dari keseluruhan pompa 14 P-17170A dan 14 P-17170B terhadap beban ijin vendor allowable dan terhadap beban ijin menurut standard API 610 adalah terjadi beban gaya *force* dan momen tertinggi pada pompa 14 P-17170B jalur suction node 1180 yang mengakibatkan nozzle mengalami gagal atau pecah menurut Standard API 610 namun masih bisa dilakukan perhitungan ulang menggunakan metode perhitungan *Heavy Duty Pump* sehingga nozzle tidak mengalami gagal atau pecah. Oleh karena itu, kinerja penghisapan fluida jenis cair *oily water* pada jalur pipa *Oily Water Treatment Project* pada jalur pipa 6"-OW-B05 nomor 17152 dan 17153 serta jalur pipa 4"-OW-B05 nomor 17171 dan 17174 masih tetap aman.

### 6.6. High Stress Summary

*High Stress Summary* memperlihatkan stress tertinggi *Oily Water Treatment Project* jalur 6"-OW-B05 nomor 17152 dan 17153 serta jalur pipa 4"-OW-B05 nomor 17171 dan 17174 pada node – node tertentu akibat load case yang diberikan. Tabel berikut ini memperlihatkan high Stress Summarynya.

Tabel 6.12. *High Stress Summary*

Load Case	High Stress	Kpa	%	Allowable	Node
1. (HYD)WW+HP	CodeStress Ratio		0.0		600
	Code Stress	14638.1		0.0	
2. (OPE)W+T1+P1	CodeStress Ratio		0.0		70
	Code Stress	24055.6		0.0	
3. (OPE)W+T2+P1	CodeStress Ratio		0.0		70
	Code Stress	9558.6		0.0	
4. (SUS)W+P1	CodeStress Ratio		15		600
	Code Stress	20629.7		137892.0	
5. (OCC)U1	CodeStress Ratio		2.4		600
	Code Stress	4323.5		183396.4	
6. (OCC)U2	CodeStress Ratio		4.5		670
	Code Stress	8330.6		183396.4	
7. (OCC)U2	CodeStress Ratio		2.3		1320
	Code Stress	4179.2		183396.4	
8. (OCC)WIN1	CodeStress Ratio		4.2		600
	Code Stress	7767.0		183396.4	

Tabel 6.13. *High Stress Summary* ((lanjutan)

Load Case	High Stress	Kpa	%	Allowable	Node
9. (OCC)WIN2	CodeStress Ratio		3.9		670
	Code Stress	7152.0		183396.4	
10. (SUS)WNC	CodeStress Ratio		10.7		600
	Code Stress	14800.7		137892.0	
11. (EXP)L2-L4	CodeStress Ratio		6.0		70
	Code Stress	20410.8		341084.5	
12. (EXP)L3-L4	CodeStress Ratio		4.6		600
	Code Stress	14977.5		324099.6	
13. (OCC)L5+L6+L7	CodeStress Ratio		5.0		670
	Code Stress	9149.0		183396.4	
14. (OCC)L8,L9	CodeStress Ratio		4.2		600
	Code Stress	7767.0		183396.4	
15. (OCC)L4+L14	CodeStress Ratio		10.8		600
	Code Stress	19844.8		183396.4	
16. (EXP)L11,L12	CodeStress Ratio		6.0		70
	Code Stress	20410.8		341084.5	
17. (OCC)L4+L13	CodeStress Ratio		14.0		600
	Code Stress	25594.9		183396.4	
18. (OPE)L2,L3	CodeStress Ratio		0.0		70
	Code Stress	24055.6		0.0	
19. (OPE)L18+L14	CodeStress Ratio		0.0		70
	Code Stress	24740.9		0.0	
20. (OPE)L18+L13	CodeStress Ratio		0.0		69
	Code Stress	24535.4		0.0	