

**ANALISIS TEGANGAN, DEFLEKSI DAN PEMERIKSAAN KEBOCORAN *FLANGE* PADA
JALUR PIPA *SUCTION FEED WATER* TAKUMA *BOILER* MILIK PT. SUPARMA
MENGUNAKAN *SOFTWARE CAESAR II VERSI 7.00***

FERI KASWARI

INTISARI

Di dunia industri penggunaan sistem perpipaan sudah sangat luas, misalkan di industri minyak, gas, pembangkit listrik tenaga uap dan lain-lain. Namun agar jaringan perpipaan berfungsi sesuai dengan apa yang kita inginkan maka perlu diperhatikan beberapa standar keamanan yang sudah ditentukan dan mampu menahan beban-beban yang bekerja, baik itu beban statik maupun dinamik. Maka dari itu sistem perpipaan yang telah didesain harus dianalisis terlebih dahulu dan dipastikan aman dalam penyaluran fluida. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan melakukan analisis tegangan, defleksi, dan pemeriksaan kebocoran *flange*.

Untuk menganalisis tegangan, defleksi dan pemeriksaan kebocoran *flange* pada pipa jalur *suction feed water takuma boiler* milik PT.SUPARMA dilakukan dengan cara memodelkan sistem perpipaan menggunakan perangkat lunak *CAESAR II* Versi 7.00. Dengan memasukkan beban-beban instalasi yang ada seperti beban statik dan beban dinamik. Dimana beban statik meliputi beban berat, tekanan, dan temperature, serta beban dinamik meliputi beban angin dan beban gempa. Kemudian dilakukan analisis tegangan, defleksi, dan pemeriksaan kebocoran *flange*.

Hasil analisis tegangan, defleksi, dan pemeriksaan kebocoran *flange* pada sistem instalasi pipa jalur *suction feed water takuma boiler* milik PT.SUPARMA tidak mengalami *over stress*. Tegangan terbesar terjadi pada load case 11 (OCC) dengan rasio 52,1 % di nodal 430. Defleksi maksimal pada sumbu X (Dx) di node 460 sebesar 1,1515 inch, sumbu Y (Dy) di node 459 sebesar 1,1196 inch, sumbu Z (Dz) di node 138 sebesar -0,6249 inch dan melebihi defleksi maksimal yang diizinkan sebesar 0,244 inch. Tidak terjadi kebocoran *flange* pada pipa jalur *suction feed water takuma boiler* milik PT.SUPARMA, rasio terbesar terdapat pada node 760 *load case 2* (OPE) sebesar 73,06 % diantara ke 22 *flange* lainnya. Data yang didapatkan setelah modifikasi menunjukkan tidak ada *over stress* dengan rasio tegangan sebesar 57,2743 % pada *load case 9* (EXP) di node 465. Nilai defleksi tidak ada lagi yang melebihi nilai defleksi yang diizinkan dengan defleksi maksimal di sumbu X (Dx) di node 478 sebesar 0,2355 inch, sumbu Y (Dy) di node 140 sebesar -0,2415 inch, sumbu Z (Dz) di node 98 sebesar -0,2435 inch. Dan pada *flange* tidak terjadi kebocoran namun mengalami sedikit kenaikan sebesar 90,12 % pada *load case 760*.

Kata Kunci : *software CAESAR II* Versi 7.00, *Sistem perpipaan*, *Tegangan*, *Defleksi*, *pemeriksaan kebocoran flange*.

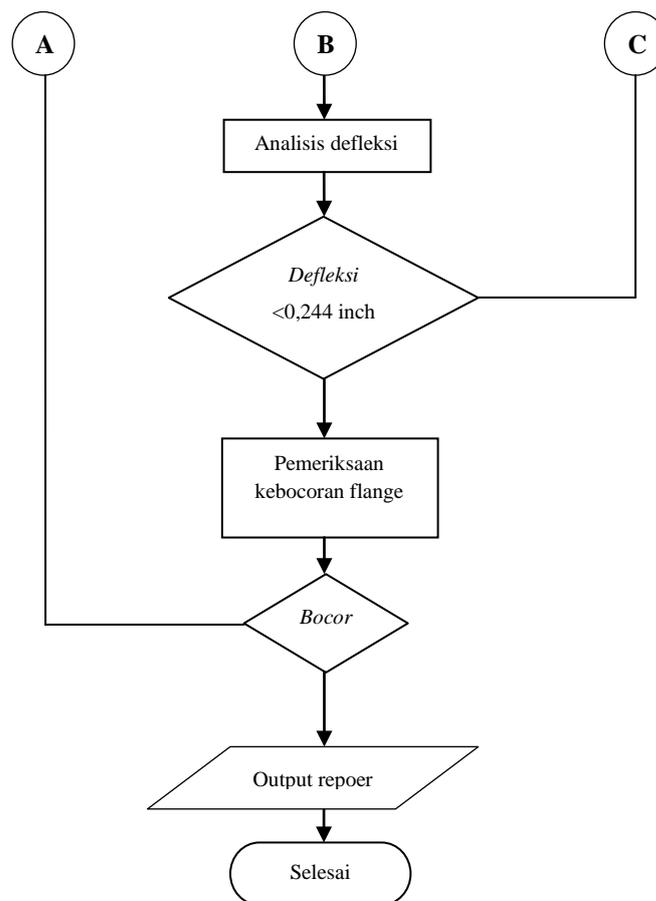
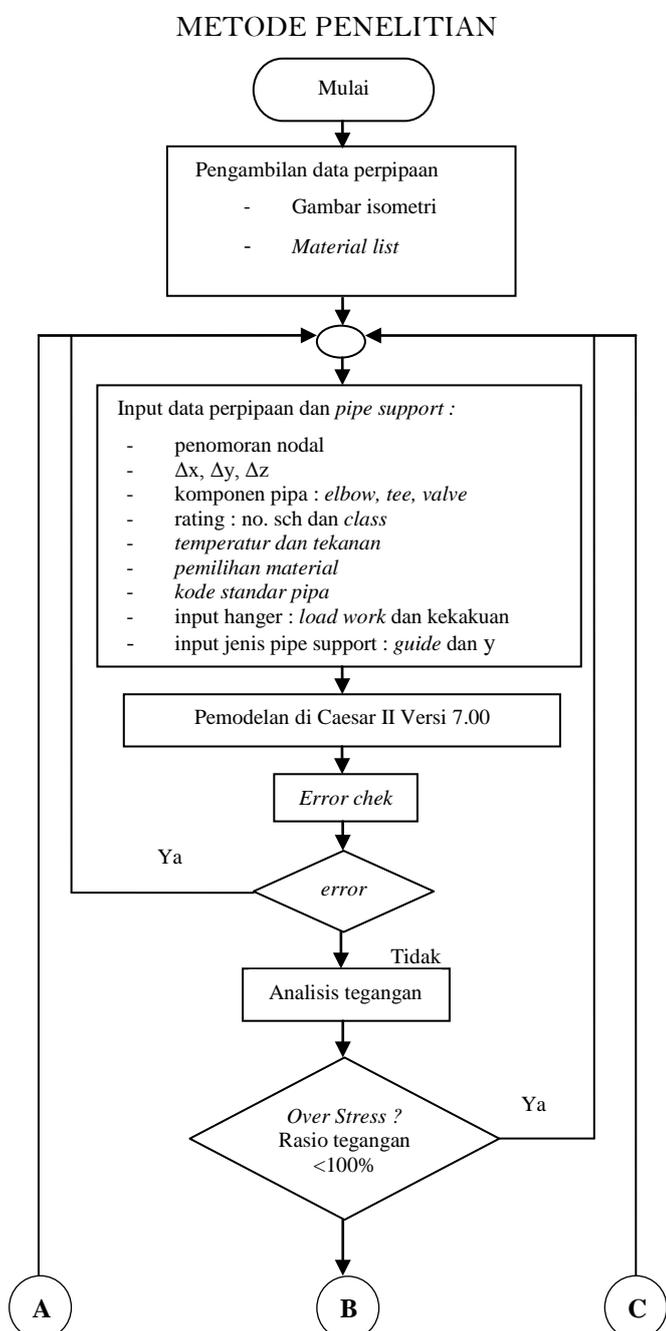
PENDAHULUAN

Seiring pesatnya perkembangan zaman, penggunaan sistem perpipaan saat ini sudah sangat berkembang pula, tidak seperti ratusan tahun lalu dimana sistem perpipaan digunakan hanya untuk mengalirkan air sebagai kebutuhan air minum dan irigasi. Didunia industri penggunaan sistem perpipaan sudah sangat luas, misalkan di industri minyak dan gas dan lain-lain. Pada boiler juga terdapat penggunaan sistem perpipaan yang digunakan untuk mengalirkan air yang akan dipanaskan sehingga menjadi uap. Boiler biasanya digunakan pada pembangkit listrik tenaga uap dan masih banyak lagi. Namun agar jaringan perpipaan berfungsi sesuai dengan apa yang kita inginkan maka perlu diperhatikan beberapa standar keamanan yang

sudah ditentukan dan mampu menahan beban-beban yang bekerja baik itu beban statik maupun dinamik.

Pada saat melakukan proses perancangan sistem perpipaan tidak menutup kemungkinan terdapat jalur yang kritis. Jalur pipa kritis merupakan jalur yang mendapatkan tegangan yang melebihi kekuatan ijin yang sudah ditentukan. Penyebab timbulnya daerah kritis dapat diindikasikan dengan diameter pipa yang besar, fluida kerja bersuhu dan bertekanan tinggi, akibat beban itu maka pada jalur perpipaan akan mengalami tegangan, defleksi dan kebocoran pada *flange*. Efek yang dapat timbul pada jalur yang mengalami tegangan dan defleksi yang berlebih serta kebocoran pada *flange* akan dapat membahayakan keselamatan dan keamanan orang yang bekerja dilingkup jalur pipa atau lingkungan sekitar.

Oleh karena itu perlu dilakukan analisis tegangan pipa pada jalur kritis agar untuk mengurangi tegangan dan defleksi yang berlebih serta mengatasi masalah kebocoran pada flange. Proses analisis tegangan pipa dapat dilakukan menggunakan *Software CAESAR II version 7.00* untuk memudahkan melakukan analisis sehingga tidak membuang banyak waktu. *Software* tersebut tentunya telah memenuhi kaidah persyaratan sebagai alat bantu dalam menganalisis tegangan pipa berdasarkan *standart codes* untuk perpipaan. Sedangkan manfaat penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai referensi lain bagi PT INDONESIA MARINE maupun PT SUPARMA untuk mengatasi masalah yang terjadi pada jalur pipa *suction feed water* pada Takuma *boiler* milik PT. SUPARMA.



Gambar 1. Diagram alir perancangan

Penggunaan Software dan Alat Bantu

- a. Code Caesar II version 5.00
- b. Pipe Data-PRO72

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan dan Perhitungan Dalam Caesar II.

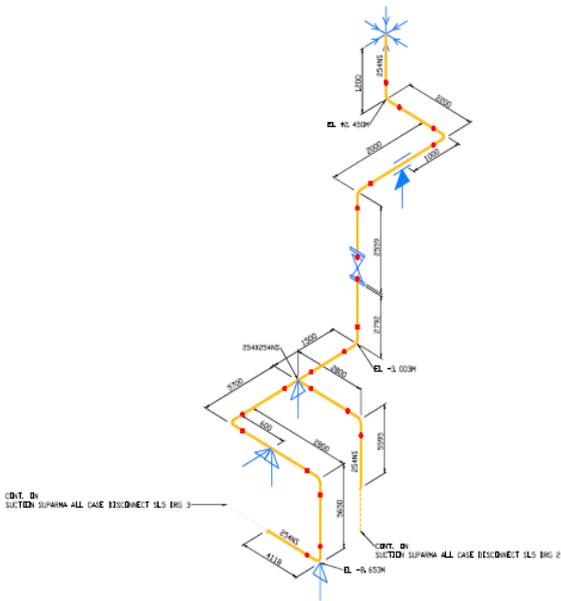
Setelah data maka sudah dapat digunakan untuk memulai proses penginputan data dan analisa menggunakan *software Caesar II versi 7.00*. Hasil perhitungan dalam *Caesar II* dapat menampilkan tegangan yang terjadi pada *pipping system* yang telah didesain dalam bentuk 3D dan menghasilkan tegangan-tegangan yang sesuai dengan kode Beban-beban yang diberikan merupakan pembebanan *static*, meliputi : beban berat, tekanan dan beban temperatur, selain pembebanan *static* ada juga pembebanan dinamik, yang meliputi : beban angin dan beban gempa. 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, warna ini menandakan tingkat tegangan yang terjadi.

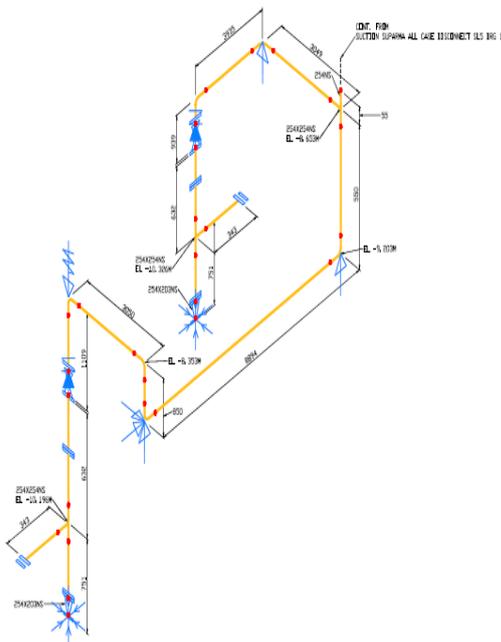
Persiapan Permodelan

a. Gambar Isometrik

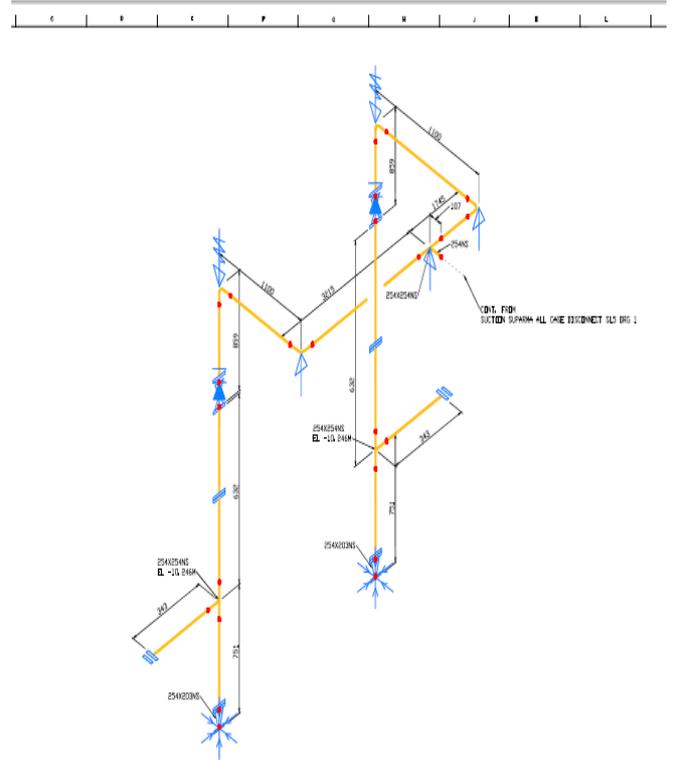
Gambar isometrik merupakan gambar konstruksi sistem perpipaan baik secara keseluruhan jalur perpipaan suatu *plant* perusahaan maupun sebagian dari jalur keseluruhan yang dimiliki suatu *plant* perusahaan tersebut.



(a)



(b)



(c)

Gambar 2 Gambar isometri

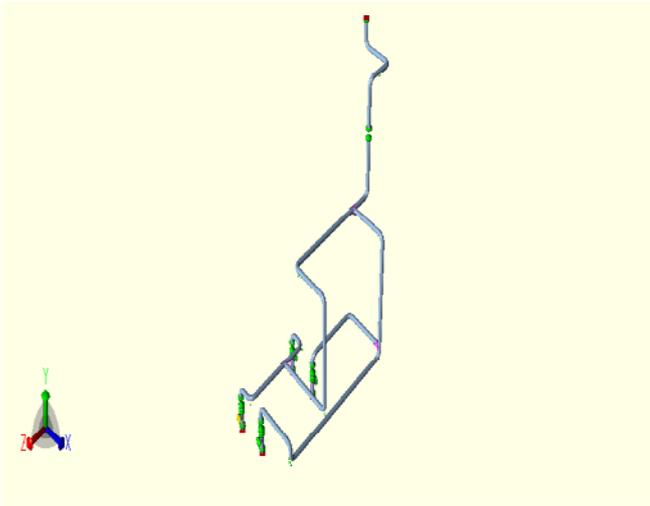
b. Hasil olah data

Untuk mempermudah melakukan input di Caesar dilakukan olah data pada gambar isometri ke data ms excel.

Tabel 1 Data *input* piping

No	Nodal		Deskripsi Komponen	NPS	Rating	Tinggi standing (mm)	Panjang (mm)			Berat Komponen (kg)	Berat Lain (kg)	Berat Total (kg)	Keti
	Caesar	Code					DX	DY	DZ				
1	10	20	WN Flange	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		-1123					
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		-2886					
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		-2595					
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						

c. Visualisasi permodelan desain



Gambar 3 Visualisasi jalur suction

Analisis ini dimaksudkan untuk beban-beban statik dan dinamik. Beban-beban statik ini meliputi, beban berat, beban temperatur, tekanan internal, untuk beban dinamik meliputi beban statik ditambahkan dengan beban angin, beban gempa yang mengikuti fungsi waktu, serta memeriksa tegangan, dan kebocoran pada flange.

a. Analisis tegangan pipa sebelum modifikasi
Analisis ini ditunjukkan untuk mengetahui ada tidaknya *over stress*, pada jalur *suction feed water takuma boiler* dengan mengetahui dan membandingkan antara *code stress ratio* yang dipengaruhi besaran gaya dan momen X, Y, Z terhadap *high stresses allowable*.

Tabel 2 Analisis *high stresses summary* sebelum dimodifikasi

Load Case	Code Stress (kPa)	Allowable Stress (kPa)	Rasio (%)	Nodal
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

b. Analisis defleksi sebelum modifikasi

Analisis ini dilakukan untuk mengecek apakah ada defleksi yang melebihi defleksi maksimal yang diizinkan yaitu 0,244inch.

Tabel 3 Analisis defleksisebelum modifikasi

Load case	DX		DY		DZ	
	Noda 1	DX (in)	Nodal	DY (in)	Noda 1	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

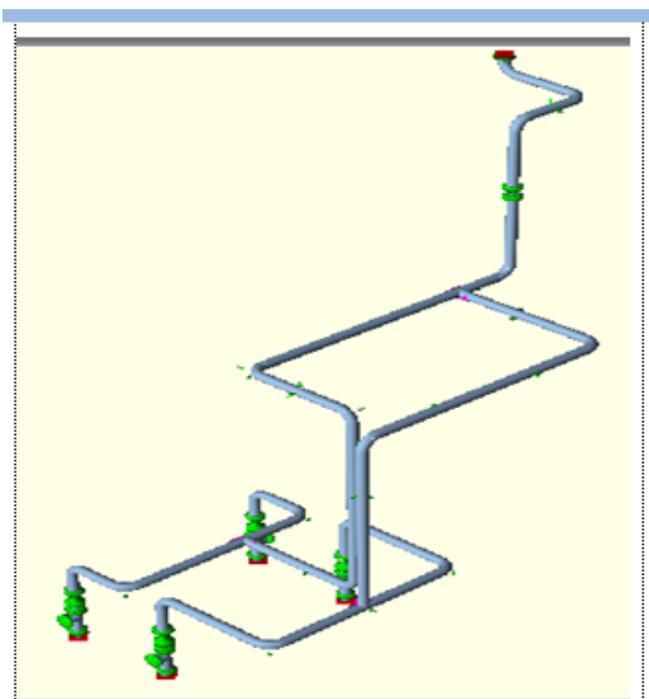
b. Modifikasi desain

Modifikasi desain diperlukan bila terjadi *trouble*, dalam kasus di sini *trouble* berupa defleksi yang berlebihan. Diinstalasi perpipaan yang mengharuskan merubah atau memodifikasi berupa penambahan atau penggeseran posisi *support* maupun *routing* perpipaanya.

Berikut adalah modifikasi yang dilakukan pada jalur pipa suction feed water takuma boiler.

Tabel 4 Tabel 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



Gambar 4 Visualisasi pemodelan desain setelah dimodifikasi

c. Analisis tegangan pipa setelah dimodifikasi

Setelah dilakukan modifikasi analisis tegangan perlu dilakukan lagi untuk mengetahui apakah terjadi tegangan berlebih atau tidak. Dari tabel 4 dapat kita lihat tidak terjadi tegangan berlebih

Tabel 4 Analisis *high stress* setelah dimodifikasi

Load Case	Code Stress (kPa)	Allowable Stress (kPa)	Rasio (%)	Nodal
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
L7=WIN1 (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

d. Analisis defleksi setelah modifikasi

Besar defleksi yang terjadi setelah modifikasi dapat kita lihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5 Besar 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
L7=WIN1 (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 (OPE) di nodal 98 dengan defleksi -0.2435 inch

KESIMPULAN

Setelah melakukan analisa tegangan, defleksi dan pengecekan kebocoran pada flange pada jalur pipa *suction feed water takuma boiler* milik PT.Suparma di dapatkan kesimpulan bahwa :

1. Sebelum dilakukan modifikasi, pada jalur pipa *suction feed water takuma boiler* milik PT.Suparma tidak mengalami *over stress*. Karena rasio tegangan maksimal kurang dari 100 %, yaitu sebesar 52,1 % pada *load case* 13 di nodal 430 akibat beban *occasional*, dan memiliki nilai defleksi sebesar 1,1515 inch pada node 460. Dimana nilai defleksi tersebut melebihi defleksi maksimal yang diijinkan sebesar 0,244 inch. Namun pada jalur *suction feed water takuma boiler* tidak mengalami kebocoran dengan ratio 73,06% pada *load case* 2 di node 760.

2. Karena nilai defleksi yang didapatkan melebihi defleksi yang diijinkan maka dilakukan modifikasi dengan penambahan restrain pada beberapa node seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.7. dan melakukan perubahan jalur yang dapat dilihat pada Gambar 4.5.
3. Setelah melakukan modifikasi pada pipa jalur *suction feed water takuma boiler*, rasio tegangan yang dimiliki yaitu sebesar 57,27 % pada load case 9 di nodal 465 yang menunjukkan tidak mengalami tegangan berlebih, nilai defleksinya yaitu sebesar - 0,2415 in di *node* 140 pada sumbu Y (Dy), dan setelah dilakukan modifikasi tetap tidak mengalami kebocoran namun dengan rasio yang sedikit meningkat yaitu sebesar 90,12% pada load case 2 di node 760.

DAFTAR PUSTAKA

- Ap-Greid Oil and Gas Design Course. 2008. *Piping stress analysis design basis*.
- ASME B16.34.,1996. *Valves-Flanged, Threaded and Welding End*, USA.
- ASME B16.5., 1996. *Pipe Flanges And Fitting*, USA.
- ASME B31.3. 1999. *Process Piping*, USA.
- Indonesia Piping Knowledge, jenis-jenis *flange*.
melalui <http://www.idpipe.com/2014/08/jenis-jenis-flange> (10/10/2016)
- Sherwood, David R, 1991. *The piping guide for the design and drafting of industrial piping system*. Syentek Inc. San Fransisco.
- Popov., E.P.,1989, *Mekanika Teknik*, Erlangga, Jakarta.
- Puruhita, Andrey, (Tanpa tahun). Caesar tutorial 1. melalui <https://vladvamphire.com/sharing/piping-and-pipeline-engineering/> [15/10/2016]
- Puruhita, Andrey, (Tanpa tahun). Caesar tutorial 1. melalui <https://vladvamphire.com/sharing/piping-and-pipeline-engineering/> [15/10/2016]
- Sudarisman. 2002, Diktat mekanika kekuatan bahan. Yogyakarta : UMY

Penulis :

Feri Kaswari
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Jalan Lingkar Barat, Bantul, Yogyakarta, Indonesia.
Email:eyikkcarat@yahoo.co.id

