

Analisis Pergeseran Peletakan Penyangga Untuk Mengurangi Tegangan dan *Displacement* Pada Sistem Perpipaan Heat Exchanger

Audytia Herlambang^{1*}, Priyo Agus Setiawan², Pekik Mahardhika³

Program Studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia^{1*}

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia²

Teknik Kimia Street, ITS Campus, Sukolilo, Surabaya 60111, Indonesia³

Email: audytia.herlambang@student.ppns.ac.id^{1*}; priyo.as@ppns.ac.id²; pekikmahardhika@ppns.ac.id³;

Abstract - The existing line piping system connected to a heat exchanger at a petrochemical company experienced an increase in cut length. The addition of the cut length makes the pipe support distance in the piping system even further. Because the distance between pipe supports is getting farther, it is necessary to carry out stress analysis and add additional pipe supports according to the results of the stress analysis. After carrying out stress analysis using software, the highest sustain stress value was 34655.6 psi with a ratio to allowable stress of 173.2%. After adding pipe supports and analyzing again using software, the sustain stress value was 3150.1 psi with a ratio to allowable stress of 15.8%. then the new design of the piping system can be declared safe.

Keyword: *heat exchanger, pipe support, stress analysis*

Nomenclature

S_L Tegangan akibat beban Sustain (psi)

S_E Tegangan akibat beban Thermal (psi)

P_1 Pressure Design (psi)

T_1 Temperature Design (F)

S_h Tegangan ijin akibat beban Sustain (psi)

S_A Tegangan ijin akibat beban Thermal (psi)

1. PENDAHULUAN

Pada salah satu Perusahaan petrochemical terdapat sebuah sistem perpipaan line existing yang terhubung dengan sebuah equipment heat exchanger dan mengalami masalah penambahan cut length. Penambahan cut length tersebut menyebabkan jarak antar penyangga pipa pada sistem perpipaan tersebut semakin jauh. Karena hal tersebut maka sistem perpipaan pada line tersebut perlu dilakukan analisa ulang.

Analisa tegangan perlu dilakukan sebagai proses evaluasi untuk memahami bagaimana tegangan berdampak pada pipa yang digunakan dalam sistem perpipaan. Hal ini penting untuk memastikan bahwa pipa dapat menahan tekanan internal dan eksternal yang diberikan tanpa mengalami kegagalan atau kebocoran.

Pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya [3] [4] [5], Tegangan dihitung berdasarkan tegangan dari beban sustain, tegangan ekspansi termal, dan tegangan occasional. Untuk memastikan sistem perpipaan tetap dalam kondisi aman, nilai tegangan harus tetap berada di bawah batas yang telah ditetapkan oleh sebuah code dan standart yang berlaku.

Pada penelitian ini, dilakukan analisa tegangan dengan menganalisa beban sustain, beban ekspansi thermal, dan beban occasional pada desain lama dan desain baru untuk mengetahui nilai dari beban sistem perpipaan line existing to heat exchanger aman sesuai dengan konsep dan aturan yang digunakan pada penelitian sebelumnya.

2. METODOLOGI .

2.1 Analisa Tegangan

Analisa Tegangan yang dilakukan pada pipa meliputi pembebanan akibat beban sustain, beban ekspansi termal, dan beban occasional [2] [3] [4]. Beban Sustain merupakan jenis beban yang dialami oleh sistem perpipaan secara continue[2]. Menurut ASME B31.3[1] beban sustain dapat dihitung menggunakan nilai dari tegangan tekuk (bending stress), tegangan aksial (axial stress) dan tegangan torsi (torsional stress). Perhitungan Tegangan akibat beban sustain, dituliskan pada persamaan berikut:

$$S_L = \sqrt{(S_a + S_b)^2 + (2S_t)^2}$$

Dimana pada persamaan tersebut S_L = Tegangan akibat beban sustain (lb/in²), S_a = Tegangan aksial (lb/in²), S_b = Tegangan tekuk (lb/in²), dan S_t = Tegangan torsi (lb/in²). Menurut ASME B31.3 [1] nilai suatu tegangan sustain tidak boleh melebihi *allowable stress* S_H dan nilai S_H sendiri didapat dari ASME B31.3 [1].

Selanjutnya tegangan akibat beban ekspansi termal. Menurut ASME B31.3 [1] beban

ekspansi termal adalah beban yang terjadi karena pipa akan mengalami perubahan dimensi sebagai respons terhadap perubahan suhu. Sesuai dengan ASME B1.3 perhitungan tegangan akibat beban ekspansi termal dapat ditulis dengan persamaan berikut:

$$S_E = \sqrt{4S_t^2 + S_b^2}$$

Dimana pada persamaan tersebut S_E = Tegangan akibat beban ekspansi termal (lb/in²), S_t = Tegangan torsi (lb/in²), S_b = Tegangan tekuk (lb/in²). Nilai dari suatu tegangan akibat beban ekspansi termal harus tetap berada dibawah nilai *allowable stress*. Menurut ASME B31.3 [1] untuk nilai *allowable stress* pada beban ekspansi termal dapat dihitung menggunakan beberapa nilai yaitu nilai dari Stress range reduction factor, Stress at minimum metal temperature, dan Stress at maximum metal temperature, seperti persamaan berikut:

$$S_A = f (1.255S_c + 0.25S_h)$$

Dari persamaan tersebut, dimana S_A merupakan tegangan izin akibat beban ekspansi termal (lb/in²), f merupakan Stress range reduction factor, S_c merupakan Stress at minimum metal temperature (lb/in²), dan S_h merupakan Stress at maximum metal temperature (lb/in²).

Dan tegangan *occasional* sendiri, sesuai dengan ASME B31.3 [1] mengidentifikasi bahwa sumber beban *occasional* terjadi akibat perubahan tiba-tiba dalam aliran fluida, peristiwa operasional tidak terduga seperti penutupan atau pembukaan cepat katup, atau kejadian luar biasa seperti gempa bumi. Menurut ASME B31.3 [1] tegangan *occasional* memiliki nilai *allowable stress* yang dapat ditentukan berdasarkan persamaan berikut:

$$S \text{ due to occasional load } \leq 1,33S_h$$

Dimana S_h merupakan nilai tegangan izin (psi) menurut ASME B31.3 [1].

Analisa tegangan ini dibantu dengan penggunaan software untuk mempermudah pengerjaan analisis. Software tersebut dapat menghasilkan berbagai nilai tegangan pada sistem perpipaan.

2.2 Displacement

Displacement pada pipa merujuk pada perubahan posisi atau perpindahan suatu fluida dalam pipa. *Displacement* dapat diakibatkan oleh berbagai faktor seperti perubahan tekanan, suhu, atau pergerakan benda di dalam pipa. Desain sistem

perpipaan mencakup berbagai parameter seperti ukuran pipa, konfigurasi pipa, bentuk sudut, perubahan elevasi, jenis material pipa, dan sebagainya. Jika sistem melibatkan heat exchanger, perubahan suhu fluida dalam pipa dapat menyebabkan perpindahan termal atau termal expansion, yang perlu dipertimbangkan dalam desain sistem.

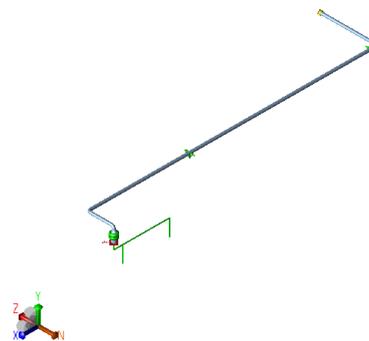
2.3 Nozzle Load

Pekerjaan *piping designer* harus dikoordinasikan untuk memastikan bahwa beban perpipaan yang dikenakan pada *shell nozzle* yang terhubung pada perpipaan berada dalam batas aman. Meskipun tiga gaya primer dan tiga momen *primer* dapat diterapkan Pada permukaan tengah shell pada sambungan *nozzle*, namun hanya satu gaya (FR), dan dua momen (ML dan MC) yang biasanya dianggap sebagai penyebab signifikan dari *deformasi shell*.

3.HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa Tegangan

Tahapan sebelum dilakukannya analisa adalah dengan melakukan pemodelan terlebih dahulu. pemodelan yang dilakukan pertama kali adalah pada desain lama yang dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1 pemodelan desain lama

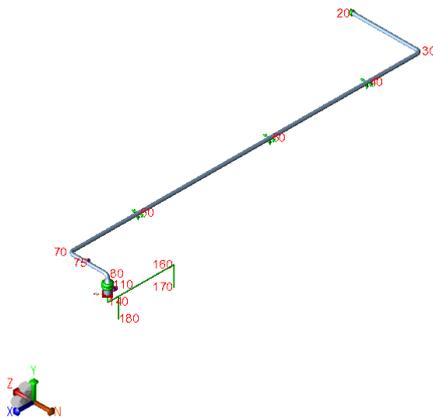
Analisa tegangan yang dilakukan meliputi pembebanan akibat beban sustain, beban akibat ekspansi termal, dan beban akibat *occasional* [4] [5]. Hasil dari analisa yang telah dilakukan menggunakan software dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1

Nilai Tegangan pada Desain Lama

No	Load Case	Code Stress	Allowable Stress	Ratio
1	(Sustained) L3= W+P1	34655.6	20000	173.2
2	(Expansion) L7= L3-L5	20373.1	47188.8	43.2
3	(Occasional) L8= L6-L2	15518.5	26600.0	58.3

Dari hasil analisa menunjukkan bahwa nilai tegangan akibat pembebanan sustain melebihi *allowable stress* yang telah ditentukan sesuai dengan ASME B31.3[1] yaitu mengalami tegangan sebesar 34655.6 lb/in² dengan rasio terhadap *allowable stress* sebesar 173%, Sehingga desain lama dianggap tidak aman dan perlu dilakukan penambahan penyangga pada pipa pada desain baru yang dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2 pemodelan desain baru

Dari pemodelan desain baru yang telah dilakukan didapatkan hasil analisa pada software dengan pembebanan seperti sebelumnya yaitu beban akibat sustain, beban akibat ekspansi termal, dan beban akibat *occasional* yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2

Nilai Tegangan pada Desain Baru

No	Load Case	Code Stress	Allowable Stress	Ratio
1	(Sustained) L8= W+P1+H	3150.1	20000.0	15.8
2	(Expansion) L9= L4-L8	9998.8	48659.8	20.5
3	(Occasional) L12= L6-L2	10771.1	26600.0	40.5

Dari analisa desain baru yang telah dilakukan didapatkan hasil bahwa nilai tegangan pada desain baru telah memenuhi kriteria yaitu berada dibawah nilai *allowable stress* yang telah ditentukan oleh ASME B31.3[1]. Nilai tegangan pada desain baru sebesar 3150.1 lb/in² dengan ratio pada *allowable stress* yaitu 15.8%.

3.2 Displacement

Analisa nilai *displacement* dilakukan pada desain lama terlebih dahulu dengan menggunakan tiga pembebanan seperti analisa tegangan sebelumnya yaitu pembebanan akibat sustain, termal, dan *occasional*. Analisa nilai *displacement* dibantu dengan menggunakan

perangkat lunak software yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3

No	Pembebanan	Dx (in)	Dy (in)	Dz (in)
1	Sustained	0.042	0.858	-0.000
2	Expansion	-0.519	0.002	-0.174
3	Occasional	-0.562	0.002	-0.174

Dari hasil analisa nilai *displacement* yang telah dilakukan pada desain lama, nilai *displacement* menunjukkan angka yang cukup tinggi. Selanjutnya yaitu analisa nilai *displacement* pada desain baru yang telah dibuat dengan menggunakan pembebanan yang sama seperti sebelumnya. Nilai *displacement* pada desain baru dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4

No	Pembebanan	Dx (in)	Dy (in)	Dz (in)
1	Sustained	0.000	-0.159	0.000
2	Expansion	-0.460	0.001	-0.199
3	Occasional	0.430	0.003	0.019

Dari analisa desain baru yang telah dilakukan, nilai *displacement* telah mengurang karena adanya penambahan penyangga yang terjadi pada desain baru.

3.3 Nozzle Load

Nozzle Load pada sistem perpipaan perlu dianalisa, karena apabila *nozzle* tidak dapat beroperasi dengan aman, maka sistem perpipaan tersebut tidak bisa dioperasikan secara normal. Analisa *nozzle load* pada desain lama dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5

Load Case	Force (N)			Moment (Nm)		
	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
OPE	5293	3599	3990	4835	8499	3890
SUS	4	3456	9	1143	34	892
EXP	5298	142	3999	3691	-6294	-3527
OCC	4680	129	3447	3422	7757	4461

Setelah dilakukan analisa *nozzle load* pada desain lama, nilai *nozzle load* pada desain lama masih dalam kategori aman sesuai dengan standard perusahaan. Selanjutnya yaitu analisa

nozzle load pada desain baru yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Condensate Storage Tank Menuju
Condensate Transfer Pump Akibat Tank
Settlement

Tabel 6

Load Case	Force (N)			Moment (Nm)		
	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
OPE	2647	222	1486	1525	4437	2398
SUS	0	58	0	25	2	41
EXP	2647	165	1486	1549	4439	2358
OCC	6792	187	4942	2218	8641	3688

Analisa *nozzle load* pada desain baru yang telah dilakukan pada desain baru yang dapat dilihat pada tabel 6 diatas menunjukkan bahwa nilai *nozzle* juga masih dalam kategori aman seperti pada desain lama.

4. KESIMPULAN

Hasil simulasi yang telah dilakukan menunjukan bahwa nilai tegangan pada desain baru berada di Bawah nilai allowable stress pada code dan standard ASME B31.3 dengan nilai rasio terbesar pada allowable 15.8%, sehingga desain baru bisa dikatakan aman. Selain itu nilai *displacement* pada sistem perpipaan desain baru telah menurun dibandingkan dengan desain lama, dan juga nilai *nozzle load* masih dalam kategori aman sesuai dengan standard perusahaan yang digunakan.

7. PUSTAKA

[1] ASME B31.3. (2020). ASME B31.3-2020, Process Piping. The American Society of Mechanical Engineer: U.S.A.

[2] Guyen, M. R., Poernomo, H., & Mahardhika, P. (2018). Analisa Tegangan New Critical Line Pipe dari Discharge Compressor Scrubber Train menuju Tie In Point Existing MP Gas Scrubber Pipe. Conference on Piping Engineering and It's Application, 4

[3] Prihatnadi, Hendra, and Budi Santoso. 2011. "Analisa Kekuatan Flange Pada Sistem Pemipaan Primer Reaktor TRIGA 2000 Bandung." 05(1978): 1-6

[4] Wicaksono, Tegar Aryo, Heroe Poernomo, and Tamimah, N. (2023) Redesign Support dan Analisis Tegangan pada Sistem Perpipaan Line Gas Sales Recei ver Akibat Soil Settlement

[5] Irawan, Budi Utomo, Adi Wirawan, Maulana, M. (2023) Simulasi Tegangan pada Sistem Perpipaan Line Outlet