

Analisa Tegangan Pipa *Steam* pada Jalur Interkoneksi *Line* 300-S2-B2A-4101-H100 PT. Petrokimia Gresik

Chaira Nabila^{1*}, Pekik Mahardhika², Nurvita Arumsari³

¹Program Studi Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

² Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

³ Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

E-mail: charnab143@gmail.com^{1}, pekikdhika02@gmail.com², arum.up3d@gmail.com³.

Abstrak

Kondisi operasi pada jalur pipa *InterconnectionLine* 300-S2-B2a-4101-H100 memiliki temperatur operasi 270°C dan tekanan operasi sebesar 10 kg/cm². Berdasarkan data pada PT. Petrokimia Gresik bahwa pipa ini harus dianalisa kemampuannya. Analisis yang dilakukan meliputi perhitungan *primary stress*, *secondary stress*, momen dan *displacement*. Proses perhitungan dan analisa menggunakan *code and standard ASME B31.3 process piping*. Analisis metode pemodelan dengan *software*. Hasil analisa tegangan yang telah dilakukan pada desain *existing* tidak terdapat tegangan berlebih (*overstress*) namun nilai *displacement* pada desain *existing* melebihi kriteria perusahaan. Setelah itu dilakukan redesain dengan *variable span* 8 m dan 10m dan didapatkan hasil *span* dengan *displacement* yang memenuhi kriteria perusahaan adalah *span* 8m.

Kata Kunci: *primary stress*, *secondary stress*, *displacement*, *steam pipe*, *over stress*.

1. PENDAHULUAN

PT. Petrokimia Gresik memiliki beberapa jalur untuk pipa steam dan salah satunya yaitu *Interconnection Line* 300-S2-B2a-4101-H100 yang dialirkan dari pabrik 3A menuju ke PT Petro Jordan Abadi. Pipa penyalur *steam* mengangkut fluida bertemperatur tinggi sangat rawan terhadap adanya beban ekspansi. Jalur pipa penyalur *steam* ini menggunakan material steel dengan kondisi operasi pada jalur pipa ini memiliki temperatur operasi 270°C dan tekanan operasi sebesar 10 kg/cm². Berdasarkan hasil analisa sementara dengan pihak PT. Petrokimia Gresik jalur pipa steam *Interconnection Line*. 300-S2-B2a-4101-H100 menyatakan performa pada jalur pipa tersebut masih kurang layak keamanannya untuk dipergunakan dalam jangka waktu kedepannya. Sehingga penelitian ini dilakukan untuk menganalisa ulang jalur *steam* ini.

2. METODOLOGI

2.1. Sumber Data

Data yang diperlukan dalam pengerjaan ini didapat dari data sheet proyek pembangunan jalur *interconnection line* 300-S2-B2a-4101-H100 PT. Petrokimia Gresik. Data yang digunakan adalah data spesifikasi pipa, spesifikasi fluida kerja, kondisi operasi.

1) Penentuan desain baru

- a. Melakukan perhitungan *allowable span* sesuai dengan kondisi operasi dan spesifikasi material.
 - b. Melakukan penentuan *variable span*.
 - c. Melakukan proses desain gambar *isometric* untuk dilakukan analisa tegangan.
- 2) Perhitungan dan analisa tegangan pada desain pipa baru
- a. *Primary stress*
Menghitung nilai tegangan akibat *sustained load* dan *occasional load* dan melakukan perbandingan desain *span* 8m dan 10m
 - b. *Secondary stress*
Menghitung nilai *displacement* dan tegangan akibat *expansion load* dan melakukan perbandingan desain *span* 8m dan 10m
 - c. Analisa terhadap tegangan dan *displacement* yang terjadi pada desain baru serta dibandingkan dengan *allowable stress* dan *allowable displacement*.

3. TEGANGAN PADA DESAIN EXISTING

3.1. Primary Stress

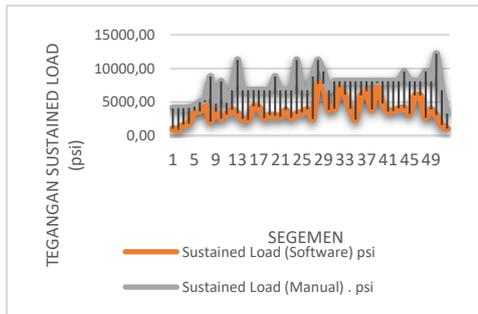
Primary stress dibagi menjadi dua yaitu tegangan akibat beban *sustained load* dan tegangan akibat beban *occasional load* [2].

a. Sustained load

Beban *sustained* adalah beban yang bekerja secara terus-menerus padapipa. Nilai tegangan akibat beban *sustained load* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1)[2].

$$\sigma_L = \frac{F_{ax}}{A_m} + \frac{M c}{I} + \frac{p d o}{4t} \dots \dots \dots (1)$$

Berdasarkan hasil persamaan (1) didapatkan hasil perhitungan untuk desain *existing* pada gambar 1. Grafik nilai tegangan akibat *sustained load*.



Gambar 1. Grafik Nilai Tegangan Sustained Load untuk Perhitungan Manual dan Software pada Desain Existing

Berdasarkan grafik pada Gambar 1, Tegangan terbesar terjadi pada perhitungan manual desain *existing* untuk segmen 50 pada Table 4.10 sebesar 12213,0477 psi dan pada perhitungan *software* sebesar 3064,6474 psi. Besarnya nilai pada tegangan akibat *sustained load* disebabkan nilai tegangan tekuk yang besar.

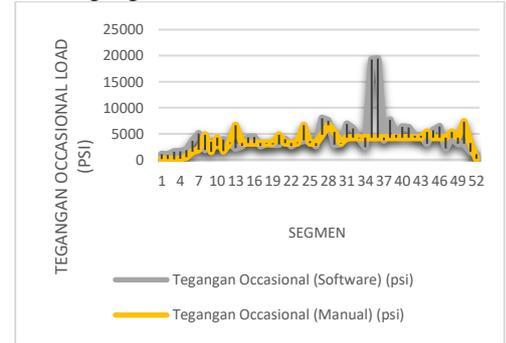
b. Occasional load

Beban okasional terjadi akibat hembusan angin, gempa bumi atau gaya lain yang intensitasnya secara singkat dan jarang terjadi. Beban okasional gempa yang mengenai pipa dapat dihitung menggunakan persamaan (2) [5].

$$S = 0,75 i x 12 x \frac{WL^2}{8Z} x 1,5G \dots \dots (2)$$

Berdasarkan hasil persamaan (2) didapatkan hasil perhitungan untuk

desain *existing* pada gambar 2. Grafik nilai tegangan akibat *occasional load*.



Gambar 2. Grafik Nilai Tegangan Occasional Load untuk Perhitungan Manual Dan Software pada Desain Existing

Berdasarkan grafik pada Gambar 2, Tegangan terbesar terjadi pada segmen 50 dengan nilai tegangan pada perhitungan *software* sebesar 3096,56 psi dan pada perhitungan manual sebesar 7339,03 psi. Besarnya nilai pada tegangan akibat *occasional load* disebabkan karena segmen yang panjang.

3.2. Secondary Stress

Secondary stress merupakan tegangan yang diakibatkan oleh beban *thermal*. Namun sebelum memperhitungkan nilai tegangan akibat *expansion load* harus dilakukan perhitungan *displacement*.

a. Untuk melakukan perhitungan *displacement* dapat dilakukan dengan persamaan (3)[3].

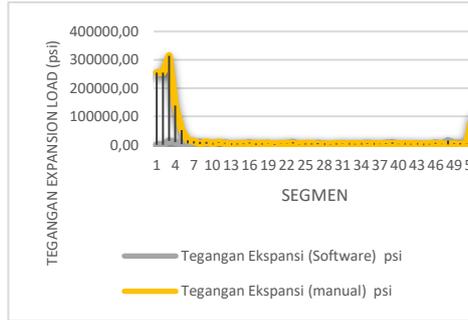
$$\Delta = \frac{5WL^4}{384 E I} \dots \dots \dots (3)$$

Dari persamaan (3) didapatkan bahwa nilai tertinggi 3,43 in pada segmen 50. Tingginya nilai displacement ini didasari oleh temperatur dan panjang pipa. Sedangkan *allowable displacement* yang ditentukan oleh perusahaan adalah 45 mm atau 1,77 in. sehingga diperlukan desain baru.

b. Perhitungan tegangan akibat *expansion load* dapat dilakukan dengan persamaan (4)[3].

$$S = \frac{i M}{Z} \dots \dots \dots (4)$$

Berdasarkan hasil persamaan (4) didapatkan hasil perhitungan untuk desain *existing* pada gambar 3. Grafik nilai tegangan akibat *expansion load*.



Gambar 3. Grafik Nilai tegangan *Expansion Load* Untuk Perhitungan Manual dan *Software* pada Desain *Existing*

Tegangan terbesar terjadi pada segmen 3 dengan nilai tegangan pada perhitungan manual sebesar 314261,38 psi dan pada perhitungan *software* sebesar 13604,539 psi. Besarnya nilai pada tegangan akibat *expansion load* disebabkan karena nilai momen yang besar pada segmen.

4. PENENTUAN DESAIN BARU

1. Penentuan *allowable span* untuk desain kondisi operasi *interconnection line 300-S2-B2a-4101-H100* dapat ditentukan dengan persamaan (5) dan (6)[4].

$$L \text{ base on stress} = \sqrt{\frac{0.33 \times Z \times S_h}{w}} \dots \dots \dots (5)$$

$$L \text{ base on deflection} = \sqrt[4]{\frac{\Delta \times E \times I}{22.5 \times w}} \dots \dots \dots (6)$$

Dari hasil perhitungan *allowable span* menggunakan persamaan (5) dan (6) bahwa nilai terkecil yaitu pada persamaan *L based on deflection* yang nilainya yaitu sebesar 13m. Namun estimasi jarak *span* untuk suatu desain system perpipaan harus disesuaikan dengan analisa tegangan pipa. Sehingga untuk melakukan analisa desain baru akan diambil jarak span 10 meter dan 8 meter.

2. Setelah dilakukan penentuan variable span maka dilakukan proses desain gambar *isometric* yang akan digunakan untuk analisa tegangan. Untuk hasil gambar *isometric* akan dilampirkan pada buku Tugas Akhir ini.

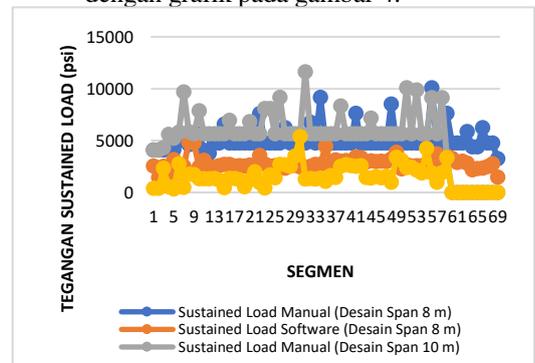
5. ANALISA TEGANGAN PADA DESAIN BARU

5.1. Primary stress

Sama halnya dengan analisa *primary stress* pada desain baru, maka analisa ini dibagi menjadi dua yaitu tegangan akibat beban *sustained load* dan tegangan akibat beban *occasional load*.

a. Sustained load

Beban sustain adalah beban yang bekerja secara terus-menerus padapipa. Nilai tegangan akibat beban *sustained load* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1) diatas. Dari persamaan tersebut didapatkan hasil perhitungan desain baru dengan variable 8 m dan 10 m yaitu sesuai dengan grafik pada gambar 4.



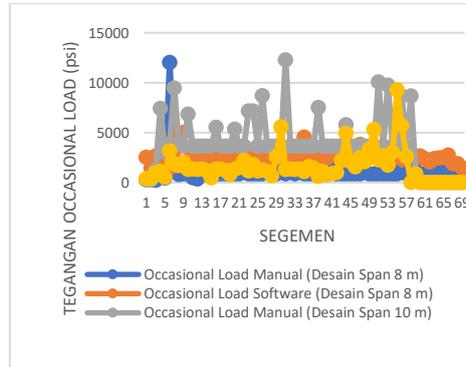
Gambar 4. Grafik Perbandingan Nilai Tegangan *Sustained Load* pada Desain Span 8 M dan 10 M

Pada desain span 10 meter nilai tegangan *sustained load* terbesar pada perhitungan *software* yaitu sebesar 5379,5 psi dan pada perhitungan manual sebesar 11614,7 psi Sedangkan untuk desain span 8 meter nilai terbesar pada perhitungan *software* yaitu sebesar 4797,00 psi dan pada perhitungan manual sebesar 10073,36 psi. Berdasarkan grafik diatas bahwa nilai tegangan akibat *sustained load* pada desain span 8 meter lebih kecil dibandingkan dengan 10 meter.

b. Occasional load

Beban okasional terjadi akibat hembusan angin, gempa bumi atau gaya lain yang intensitasnya secara singkat dan jarang terjadi. Beban okasional gempa yang mengenai pipa dapat dihitung menggunakan persamaan (2). Dari persamaan tersebut didapatkan hasil perhitungan desain

baru dengan variable 8 m dan 10 m yaitu sesuai dengan grafik pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik Perbandingan Nilai Tegangan *Occasional Load* pada Desain Span 8 M dan 10 M

Pada desain span 10 meter nilai tegangan *occasional load* terbesar pada perhitungan *software* yaitu sebesar 9272,28 psi (639,3 kg/sq.cm) dan pada perhitungan manual sebesar 10071,58 psi (694,37 kg/sq.cm). Sedangkan untuk desain span 8 meter nilai terbesar pada perhitungan *software* yaitu sebesar 3384,30psi (233,34 kg/sqcm) dan pada perhitungan manual sebesar 12038,68 psi (829,99 kg/sq.cm).

5.2. *Secondary Stress*

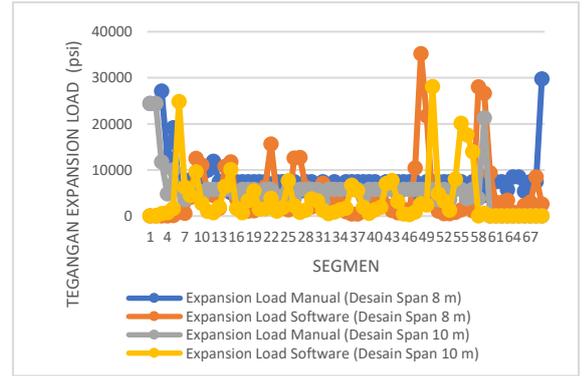
Secondary stress merupakan tegangan yang diakibatkan oleh beban *thermal*. Namun sebelum memperhitungkan nilai tegangan akibat *expansion load* harus dilakukan perhitungan *displacement*.

- a. Untuk melakukan perhitungan *displacement* dapat dilakukan dengan persamaan (3)

Dari persamaan tersebut didapatkan bahwa nilai tertinggi pada desain span 10 meter sebesar 2,28 in. Sedangkan pada desain span 8 meter nilai *displacement* tertinggi yaitu sebesar 1,76 in.

- b. Perhitungan tegangan akibat *expansion load* dapat dilakukan dengan persamaan (4).

Berdasarkan hasil persamaan tersebut didapatkan hasil perhitungan untuk desain *existing* pada gambar 6. Grafik nilai tegangan akibat *expansion load*.



Gambar 6. Grafik Perbandingan Nilai Tegangan *Expansion Load* pada Desain Span 8 M dan 10 M

Tegangan terbesar terjadi pada desain span 8 meter sebesar 27118,04 psi, sedangkan untuk desain span 10 meter sebesar 24387,7 psi. Besarnya nilai pada tegangan akibat *expansion load* disebabkan karena nilai momen yang besar pada segmen.

6. **KESIMPULAN**

Variasi panjang span dilakukan pada nilai 10 meter dan 8 meter. Hasil dari analisa tegangan menunjukkan pada kedua desain tidak mengalami *overstress*. Dari variasi desain span 8 meter dan 10 meter untuk perhitungan *displacement* menunjukkan lebih besar desain 10 meter dibandingkan dengan 8 meter. Nilai *displacement* untuk desain span 10 meter tidak memenuhi kriteria penerimaan Perusahaan karena nilai maksimumnya yaitu sebesar 57,93 mm. Sedangkan pada desain span 8 meter nilai *displacement* tertinggi yaitu sebesar 44,37 mm.

7.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]ASME, 2013, *ASME Code For Process Piping B.31.3*, New York : THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS.
- [2]Chamsudy, Ahmad. 2005. *Diktat pelatihan pipe stress Anylisis*, Jakarta :

Piping department PT. Rekayasa Industri.

- [3]Grinnel ITT (1981). *Introduction to pipe stress analysis*. USA : ITT Grinnel Corporation.
- [4]Kannapan, S. (1985). *Introduction to pipe stress analysis*. New York: John welly.
- [5]Nayyar, M, L. (2000). *PIPING HANDBOOK*. U.S.A : McGraw Hill Inc.

Halaman ini sengaja dikosongkan