

## Analisis Tegangan pada Sistem Perpipaan Outlet 3<sup>rd</sup> Stage Gas Lift After Cooler

Yovi Febrian Widya Pradana<sup>1\*</sup>, Adi Wirawan Husodo<sup>2</sup>, Lely Pramesti<sup>3</sup>

<sup>1</sup>PT. Gaspro Sentraco<sup>1</sup>  
Program Studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia<sup>2,3</sup>

Email: [yovifebrian@student.ppps.ac.id](mailto:yovifebrian@student.ppps.ac.id)<sup>1</sup>; [adi\\_wirawan@ppns.ac.id](mailto:adi_wirawan@ppns.ac.id)<sup>2</sup>; [lelypramesti@ppns.ac.id](mailto:lelypramesti@ppns.ac.id)<sup>3</sup>;

**Abstract** – The piping system Outlet 3<sup>rd</sup> Stage Gas Lift After Cooler is a critical line that has not yet determined the location of the pipe support to be used. Based on the problems found, this Final Project will recommend the location of pipe support, stress analysis, and displacement analysis. From the results of the calculation of the maximum allowable pipe span and the pipe support location analysis, the number of pipe supports used in the 3<sup>rd</sup> Stage Gas Lift After outlet piping system line is 23 pipe supports. After stress analysis using software, the highest stress value due to sustained load is 14482,7 psi, stress value due to occasional load is 1723,7 psi, and stress value due to thermal expansion load is 10108,5 psi. The pipe stress value and displacement value in the piping system are still below the maximum allowable. Therefore, the location of the pipe support location is declared safe and can be used based on ASME B31.3 (Process Piping).

**Keyword:** Allowable span, sustained load, occasional load, thermal expansion load, displacement.

### Nomenclature

$\Delta$	Allowable deflection (in)
OD	Outside diameter (in)
ID	Inside diameter (in)
$L_s$	Pipe span limitation of stress (ft)
$L_d$	Pipe span limitation of deflection (ft)
Z	Section modulus (in <sup>3</sup> )
$S_h$	Allowable tensile stress (psi)
$S_b$	Allowable bending stress (psi)
$S_t$	Allowable torsion stress (psi)
W	Berat total (lb/ft)
$W_{pipe}$	Berat total pipa (lb/ft)
$W_{fluid}$	Berat total fluida (lb/ft)
E	Modulus elastisitas (psi)
I	Moment inertia (in <sup>4</sup> )
L	Panjang total pipa (ft)

### 1. PENDAHULUAN

Pada proyek Forel FPSO Time Charter terdapat jalur sistem perpipaan yang menghubungkan antara 3<sup>rd</sup> Stage Gas Lift After Cooler menuju Gas Lift Discharge Scrubber dan Gas Injection Suction Scrubber. Fluida yang mengalir dalam sistem perpipaan tersebut memiliki temperatur desain sebesar 260°F serta tekanan desain sebesar 1850 psig. Jalur sistem perpipaan tersebut merupakan jalur *high temperature* yang akan dipasang insulasi *cellular glass* dan termasuk *critical line* menurut DNVGL-RP-D101.

Pada saat proses konstruksi di lapangan terdapat permasalahan yang ditemukan, dimana *isometric drawing* yang di buat dan di *approved* masih kurang lengkap. *Isometric drawing* tersebut belum memperlihatkan dimana letak *pipe support* atau penyangga yang digunakan pada jalur sistem perpipaan tersebut, yang dipasang di lapangan adalah *temporary pipe support*. Sehingga hal tersebut menyebabkan pekerjaan terhambat dan tidak dapat berlanjut ke tahap selanjutnya.

Berdasarkan permasalahan diatas, untuk menghindari terjadinya kegagalan pada sistem perpipaan harus dilakukan analisis tegangan dengan mempertimbangkan peletakan *pipe support* sesuai dengan batas yang diizinkan, agar sistem perpipaan dapat beroperasi dengan baik dan aman. Perhitungan analisis tegangan dibantu dengan *software stress analysis* yang mengacu pada *code* dan *standard* ASME B31.3 (*Process Piping*).

### 2. METODOLOGI.

#### 2.1 Maximum Allowable Pipe Span

Perhitungan *maximum allowable pipe span* dilakukan untuk mengetahui jarak maksimal antar penyangga. Pada perhitungan *maximum allowable pipe span* seluruh satuan menggunakan imperial unit. Maksimum jarak antara penyangga/*maximum allowable pipe span* yang diizinkan untuk sistem perpipaan horizontal dibatasi 3 faktor utama yaitu tegangan tekuk, defleksi vertikal, dan frekuensi alami.

$$\bullet W_{pipe} = \frac{\pi(OD^2-ID^2)\rho_{pipe}}{4} \quad (1)$$

250

$$\bullet W_{fluida} = \frac{\pi ID^2 \rho_{fluida}}{4} \quad (2)$$

$$\bullet W_{insul} = \frac{\pi(D_{ins}^2-ID^2)\rho_{ins}}{4} \quad (3)$$

$$\bullet W_{tot} = W_{pipe} + W_{fluida} + W_{insul} \quad (4)$$

Kondisi *limitation of stress* dan *limitation of deflection* berdasarkan berat pipa dan fluida dapat dihitung dengan rumus dari [4]

$$\bullet \text{Based limitation of stress}$$

$$L_s = \sqrt{\frac{0,425 S_h}{W}} \quad (5)$$

$$\bullet \text{Based limitation of deflection}$$

$$L_s = \sqrt[4]{\frac{\Delta EI}{13,5W}} \quad (6)$$

#### 2.2 Tegangan Pada Pipa

Tegangan (*Stress*) didefinisikan sebagai kekuatan internal yang didistribusikan keseragaman dalam material untuk menahan beban yang diberikan atau gaya yang bekerja pada

merupakan pembebanan akibat *sustained* yang tidak boleh lebih dari tegangan ijin pada (*Sh*). Dimana *Sh* diperoleh dari [4]. Nilai tegangan ijin untuk kondisi akibat pembebanan sustain ditentukan berdasarkan persamaan berikut.

$$SL = \sqrt{(|Sa| + Sb^2) + (2St)^2} < Sh \quad (14)$$

#### 2.3.2 Tegangan Ijin Akibat Occasional Load

Berdasarkan [4] pada ketentuan 302.3.6 menyebutkan bahwa jumlah tegangan longitudinal yang disebabkan oleh tekanan, berat dan pembebanan sustain yang lain dan tegangan yang dihasilkan karena beban occasional seperti angin atau gempa bumi tidak melebihi 1.33 kali nilai tegangan ijin dasar (*Sh*).

$$S \text{ due to Occasional load} \leq 1.33Sh \quad (15)$$

#### 2.3.3 Tegangan Ijin Akibat Thermal Load

Tegangan ijin akibat kondisi expansion thermal yang terjadi pada suatu material pipa dan

ketegangan, tekanan atau gaya geser sebagai tanggapan terhadap kekuatan eksternal yang bekerja padanya. Tegangan yang terjadi pada sistem perpipaan dapat dikelompokkan menjadi dua kategori, yaitu tegangan normal (*normal stress*) dan tegangan geser (*shear stress*). Tegangan normal meliputi tegangan longitudinal, tegangan tangensial dan tegangan radial.

Berikut adalah penjelasan dan rumus untuk mendapatkan masing-masing nilai tegangan.

- Tegangan *Axial*  

$$F_{ax} = P \times A_i \quad (7)$$

$$A_i = \frac{\pi(D^2)}{4} \quad (8)$$

$$A_m = \frac{\pi(OD^2 - ID^2)}{4} \quad (9)$$

$$\sigma_{ax} = \frac{F_{ax}}{A_m} \quad (10)$$

- Tegangan *Bending*  

$$S_b = \frac{\sqrt{(I_x M_x)^2 + (I_y M_y)^2}}{z} \quad (11)$$

- Tegangan Torsi  

$$S_t = \frac{M_t}{z} \quad (12)$$

- Tegangan *Sustained*  

$$SL = \sqrt{(|S_a| + S_b)^2 + (2S_t)^2} \quad (13)$$

### 2.3 Tegangan Ijin

Persamaan penentuan nilai aktual terhadap batasan yang diijinkan pada setiap pembebanan tersebut dijelaskan sebagai berikut [4].

#### 2.3.1 Tegangan Ijin Akibat *Sustained Load*

Jumlah dari tegangan longitudinal (SL) yang disebabkan oleh tekanan, berat pipa dan semua komponen dalam sistem perpipaan

thermal yang terjadi pada suatu material pipa dan komponennya akibat beban thermal yang berulang, expansion ditetapkan berdasarkan [4] dalam ketentuan 302.3.5.

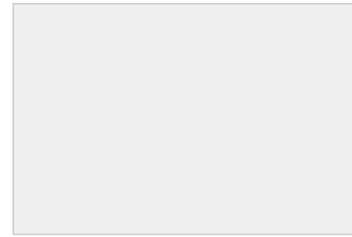
$$S \text{ due to thermal expansion load} \leq S_a$$

$$S_a = F (1.25(S_c + 0.25S_h)) \quad (16)$$

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil Pemodelan

Pemodelan sistem perpipaan dilakukan dengan menggunakan *software stress analysis*. Gambar dibawah ini merupakan gambar pemodelan jalur sistem perpipaan *outlet 3<sup>rd</sup> Stage Gas Lift After Cooler*.



Gambar 1 Pemodelan Sistem Perpipaan

### 3.2 Data Penelitian

#### 3.2.1 Data Spesifikasi Pipa

Data dari jalur pipa *Outlet 3<sup>rd</sup> Stage Gas Lift After Cooler* diperlukan untuk penelitian ini. Data yang digunakan meliputi spesifikasi pipa 8" pada Tabel 4.1, spesifikasi pipa 6" pada tabel 4.2, dan data proses pada Tabel 4.3.

Tabel 1: Spesifikasi pipa 8"

