

## Analisis Tegangan pada Line 086-VD-1001-34"-1SA0K-NI Akibat Penambahan Add On Gate Valve (AOGV)

**Mohammad Ibnu Bahrul Ilmi<sup>1\*</sup>, Pekik Mahardhika<sup>2</sup>, Mahasin Maulana Ahmad<sup>3</sup>**

*Program Studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia<sup>1\*2\*3</sup>*

*Email: [mohammad.ibnu@student.ppns.ac.id](mailto:mohammad.ibnu@student.ppns.ac.id)<sup>1\*</sup>; [pekikmahardhika@ppns.ac.id](mailto:pekikmahardhika@ppns.ac.id)<sup>2\*</sup>; [mahasinmaulanaahmad@ppns.ac.id](mailto:mahasinmaulanaahmad@ppns.ac.id)<sup>3\*</sup>*

**Abstract** - An oil and gas company in West Papua will perform shutdown maintenance in the TAR-8 area with a knock-out drum to flare piping system due to the addition of a gate valve. The main objectives are to determine the allowable pipe span, stress analysis, and evaluate the nozzle load on the flare. The methods used are stress analysis based on ASME B31.3 and flare nozzle load evaluation using API 537. Calculating the allowable pipe span on the drum to flare knock-out line resulted in a value of 84.423 ft. The results of stress analysis due to the addition of add on Gate Valve for the maximum allowable stress value due to sustained load 3565.3 lb/in<sup>2</sup>, due to occasional load 2842.7 lb/in<sup>2</sup>, and due to thermal load 10394.8 lb/in<sup>2</sup> have met the ASME B31.3 permit limit. The flare nozzle analysis results have met the load permits based on API 537. In conclusion, the new design of the knock-out drum to flare piping system with the addition of an add-on gate valve is considered safe to operate and meets applicable industry standards. This research provides a practical solution for piping system maintenance without operational disruption, highlighting the importance of technical analysis in ensuring the safety and efficiency of energy infrastructure.

**Keyword:** Allowable pipe span, Stress analysis, Nozzle load, Spring Support

### Nomenclature

|              |  |
|--------------|--|
| $\Delta$     | Allowable deflection (in)                                    |
| $E$          | Modulus of elasticity (psi)                                  |
| $f$          | Stress range reduction factor                                |
| $f_{cutoff}$ | Frekuensi cut-off (Hz)                                       |
| $g$          | Percepatan gravitasi (in/s <sup>2</sup> )                    |
| $I$          | Area momet of inertia of pipe (in <sup>4</sup> )             |
| $L$          | Panjang pipa (ft)  |
| $L_{opt}$    | Mass point per span  |
| $L_s$        | Pipe span limitation of stress (ft)                          |
| $L_d$        | Pipe span limitation of deflection (ft)                      |
| $\rho$       | Massa jenis pipa (lb/in <sup>3</sup> )                       |
| $S_h$        | Allowable tensile stress (psi)                               |
| $S_L$        | Tegangan akibat beban <i>sustained</i> (lb/in <sup>2</sup> ) |
| $S_a$        | Axial stress (lb/in <sup>2</sup> )                           |
| $S_b$        | Bending stress (lb/in <sup>2</sup> )                         |
| $S_t$        | Torsional stress (lb/in <sup>2</sup> )                       |
| $S_c$        | Minimum stress (lb/in <sup>2</sup> )                         |
| $w$          | Berat total pipa (lb/ft)                                     |
| $W$          | Berat pipa per satuan panjang (lb/in)                        |
| $Z$          | Modulus of section (in <sup>3</sup> )                        |

### 1. PENDAHULUAN

Suatu perusahaan minyak dan gas Industri minyak dan gas bumi (migas) sering kali melibatkan kegiatan produksi dari sumur-sumur minyak dan gas. Salah satu sistem penting dalam

proses produksi migas merupakan flare, yang digunakan untuk membakar gas yang tidak dapat ditangani oleh fasilitas produksi atau pengolahan yang tersedia.

Pada kawasan TAR-8 perusahaan hulu yang bergerak di bidang minyak dan gas memiliki sistem *Wet, Dry* dan *Tankage Flare* yang berlokasi di Papua Barat akan melakukan *shutdown maintenance*. Sistem perpipaan yang terhubung dengan *static equipment* termasuk dalam kategori *critical line*. Maka dari itu analisis tegangan penelitian ini berfokus pada sistem perpipaan *knock out drum* menuju *flare* akibat penambahan *Add On Gate Valve*.

pada sistem perpipaan *knock out drum* menuju *flare* akibat penambahan *Add On Gate Valve* ini membutuhkan analisis penentuan letak support berdasarkan perhitungan *allowable pipe span* untuk menentukan jarak antar *support*. Setelah perhitungan tersebut, akan dilakukan desain baru setelah pemasangan *Add On Gate Valve* selanjutnya evaluasi beban *nozzle* pada *flare*. Analisis akan dilakukan berdasarkan standar ASME B31.3 untuk memastikan sistem perpipaan dapat beroperasi dengan baik dan aman serta API 537 untuk analisis beban *nozzle flare* dengan menggunakan *software* analisis tegangan..

**2. METODOLOGI .**

**2.1 Prosedur Penelitian**

Sistem perpipaan pada area TAR-8 *line 086-VD-1001-34"-ISA0K-NI* merupakan *line outlet knock out drum* yang terhubung *inlet flare*. Desain perpipaan tersebut menggunakan pipa dengan diameter 34 inchi dengan *schedule thickness* 6.35 material A358 Gr.304 dengan desain temperature 303.8 F dan desain *pressure* 49,78 psi. Analisis dan perhitungan yang dilakukan meliputi perhitungan *allowable pipe span*, analisis tegangan pada pipa akibat pemasangan *Add On Gate Valve* setelah *maintenance*, dan evaluasi beban *nozzle* pada *flare*.

**2.2 Perhitungan Maximum Allowable Span**

Berbagai macam bentuk pembebanan statik dan dinamik dapat ditahan oleh *support* (penyangga). Jarak maksimum yang diperbolehkan antara *support* satu dengan yang lain disebut juga dengan *allowable span* [1]. Perancangan peletakan penyangga pada pipa harus dilakukan dengan menghitung jarak maksimum yang diizinkan antar penyangga pipa [5]. Hal tersebut bertujuan untuk menghindari defleksi, menjaga tegangan yang berlebih yang disebabkan oleh pembebanan statis. Pada perhitungan *Allowable Span* seluruh satuan menggunakan imperial unit.

$$\text{Berat Pipa} = \frac{\pi (OD^2 - ID^2) \times \rho \text{ pipe}}{4} \quad (1)$$

$$\text{Berat Fluida} = \frac{\pi (OD^2 - ID^2) \times \rho \text{ fluida}}{4} \quad (2)$$

$$\text{Berat Total} = \text{Berat pipa} + \text{Berat fluida} \quad (3)$$

Kondisi *limitation of stress* dan *limitation of deflection* berdasarkan berat pipa dan fluida dapat dihitung dengan rumus dari [5] yaitu:

Limitation of stress

$$L_s = \frac{\sqrt{0.4 \times Z \times S_h}}{w} \quad (4)$$

Limitation of deflection

$$L_d = \frac{\sqrt[4]{\Delta x E x I}}{13.5 x w} \quad (5)$$

Perhitungan *Support*

$$\text{Jumlah support} = \frac{L}{L_s} \quad (6)$$

**2.3 Tegangan pada Pipa**

Analisis tegangan pada pipa meliputi tegangan akibat beban *sustained*, *thermal expansion*, dan *occasional*. Analisis tegangan pada sistem perpipaan ini menggunakan *software stress analysis*. Nilai tegangan tidak boleh melebihi kriteria berdasarkan ASME B31.3[5].

**2.3.1 Tegangan Akibat Beban Sustained**

Beban *sustained* merupakan jenis beban yang dialami oleh sistem perpipaan secara terus menerus. Beban ini merupakan kombinasi antara tekanan internal fluida yang dialirkan dan beban berat pipa. Menurut ASME B31,3, beban *sustained* dapat dihitung dengan menggunakan nilai dari tegangan aksial (*axial stress*), tegangan tekuk (*bending stress*), dan tegangan puntir (*torsional stress*). Perhitungan tegangan akibat beban *sustained* dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$S_L = \sqrt{(|S_a| + S_b)^2 + (2S_t)^2} \quad (7)$$

**2.3.2 Tegangan Akibat Beban Thermal Expansion**

Berdasarkan ASME B31.3 pembebanan akibat ekspansi termal tidak boleh lebih dari tegangan izin material yang dapat dihitung [3] menggunakan beberapa nilai yaitu nilai dari *Stress range reduction factor*, *Stress at minimum metal temperature*, dan *Stress at maximum metal temperature* menggunakan persamaan berikut.

$$S_A = f (1.25 S_c + 0.25 S_h) \quad (8)$$

**2.3.3 Tegangan Akibat Beban Occasional**

Berdasarkan ASME B31.3 pada ketentuan 302.2.4 menyebutkan bahwa jumlah tegangan *longitudinal* yang disebabkan oleh tekanan, berat, dan pembebanan *sustained* yang lain dan tegangan yang dihasilkan karena beban *occasional* seperti angin atau gempa bumi tidak melebihi 1.33 kali *basic allowable stress* ( $S_h$ ) [3]. Nilai tegangan izin untuk beban *occasional* ditentukan persamaan berikut.

$$S \text{ due to occasional load} \leq 1.33 S_h \quad (9)$$

**2.4 Beban Nozzle pada Flare**

Ambang batas beban untuk *nozzle rotating equipment* seperti pompa diatur dalam standar API 537. Kegagalan yang terjadi pada flare harus dihindari agar tidak terjadi kerusakan pada *nozzle static equipment* [2].

**3.HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1 Perhitungan Allowable pipe span**

Untuk perhitungan mengasumsikan pipa sebagai *simply supported beam with both ends fixed*, berikut contoh pada *line suction* untuk pengerjaan perhitungan *allowable pipe span* berdasarkan *limitation of stress* dan *limitation of deflection* dengan menggunakan persamaan (1) dan (2).

$$\begin{aligned} \text{Berat pipa} &= \frac{\pi (OD^2 - ID^2) \times \rho_{\text{pipe}}}{4} \\ &= \frac{\pi (34,000^2 - 33,500^2) \times 0,289}{4} \\ &= 91,927 \text{ lb/ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat fluida} &= \frac{\pi \times ID^2 \times \rho_{fluida}}{4} \\ &= \frac{\pi(33,500^2) \times 0,00035}{4} \\ &= 3,7193 \text{ lb/ft} \\ \text{Berat total} &= \text{Berat pipa} + \text{Berat fluida} \\ &= 91,927 + 3,7193 \\ &= 95,646 \text{ lb/ft} \end{aligned}$$

Limitation of stress

$$\begin{aligned} L_s &= \frac{\sqrt{0.4 \times Z \times S_h}}{w} \\ &= \frac{\sqrt{0.4 \times 222 \times 18600}}{137.658} \\ &= 131,417 \text{ ft} \end{aligned}$$

Limitation of deflection

$$\begin{aligned} L_d &= \frac{\sqrt{\Delta \times E \times I}}{13.5 \times w} \\ &= \frac{\sqrt{0.625 \times 26400000 \times 5614.502}}{13.5 \times 141.325} \\ &= 83,336 \text{ ft} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan *allowable pipe span* berdasarkan *limitation of stress* dan *limitation of deflection* pada *line knock out drum* menuju *flare* dapat dilihat pada Tabel 1.

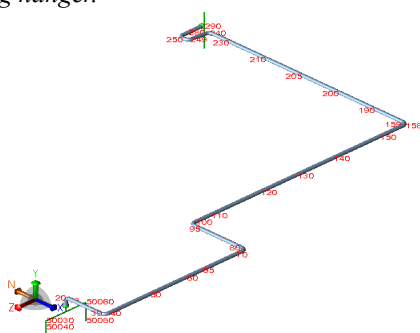
|                               |                          |
|-------------------------------|--------------------------|
| Allowable pipe span           | 086-VD-1001-34"-ISA0K-NI |
| Limitation of stress (ft)     | 131,417                  |
| Limitation of deflection (ft) | 83,336                   |

Pada pipa 34 in untuk perhitungan pipa lurus berdasarkan batas tegangan diperoleh nilai sebesar 636,155 ft, sedangkan hasil perhitungan berdasarkan batas defleksi sebesar 83,336 ft. Untuk pemilihan jarak maksimum antar *support* dipilih nilai terkecil yaitu dari perhitungan based on *limitation of deflection*, maka diperoleh sebesar 83,336 ft.

Dari nilai *maximum allowable span* yang diperoleh maka dapat dihitung minimum jumlah *support* yang dibutuhkan menggunakan persamaan (6) dan didapatkan hasil sebanyak 8 buah *support*.

**3.2 Pemodelan Desain**

Pemodelan desain *new support spring hanger* pada *line Knock out drum* menuju *Flare* ini bertujuan untuk mendapatkan letak dan jenis *support* yang paling optimal. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan desain sistem perpipaan dengan nilai telah memenuhi batasan izin yang telah ditentukan. Pada gambar 1 menampilkan pemodelan sistem perpipaan yang telah dilakukan penempatan ulang *support* dan *new support spring hanger*.



Gambar 1. Pemodelan Desain *New Support*

**3.3 Analisis Tegangan**

Analisis tegangan pada sistem perpipaan desain *new support* dilakukan dengan menggunakan *software stress analysis* meliputi tegangan pada beban *sustained*, *thermal expansion*, dan *occasional*. Hasil analisis tegangan pada *line Knock out drum* menuju *Flare* dengan menggunakan *software* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Tegangan *New Support*

| No | Load Case         | Code Stress (lb/in <sup>2</sup> ) | Allowable Stress (lb/in <sup>2</sup> ) | Status |
|----|-------------------|-----------------------------------|--|--------|
| 1  | L5(SUS)<br>W+P1   | 3565.3                            | 19947.1                                | Passed |
| 2  | L19(EXP)<br>L2-L5 | 10394.8                           | 47982.1                                | Passed |
| 3  | L11(OCC)<br>L7-L2 | 2842.7                            | 26529.7                                | Passed |

**3.4 Beban Nozzle pada Flare**

Perhitungan beban *nozzle* pada flare berdasarkan API 537 menggunakan *software stress analysis*. Pada penelitian ini, akan dilakukan analisis pada 3 *load case* yang meliputi *design temperature*. Nilai beban *nozzle* pada *line line Knock out drum* menuju *Flare* dengan *new support spring hanger* dapat dilihat pada Tabel 4

Tabel 4. Nilai Beban *Nozzle Flare New Support*

| Load Case          | Global Force | Allowable | Value (lb-ft.lb f) | Status |
|--------------------|--------------|-----------|--------------------|--------|
| (OPE)<br>W+T1+P1+H | Fx           | 10004     | 198                | Passed |
|                    | Fy           | 13006     | 257                | Passed |
|                    | Fz           | 13006     | 578                | Passed |
|                    | Mx           | 18403     | 5335.9             | Passed |
|                    | My           | 13571     | 3948.2             | Passed |
|                    | Mz           | 13571     | 1601.8             | Passed |
| (SUS)<br>W+P1+H    | Fx           | 10004     | -103               | Passed |
|                    | Fy           | 13006     | -13                | Passed |
|                    | Fz           | 13006     | 94                 | Passed |
|                    | Mx           | 18403     | 1443.5             | Passed |
|                    | My           | 13571     | -5887.9            | Passed |
|                    | Mz           | 13571     | 71                 | Passed |
| (EXP)<br>L13=L4-L6 | Fx           | 10004     | 301                | Passed |
|                    | Fy           | 13006     | 270                | Passed |
|                    | Fz           | 13006     | 484                | Passed |
|                    | Mx           | 18403     | 3892.5             | Passed |
|                    | My           | 13571     | 9836.2             | Passed |
|                    | Mz           | 13571     | 1530.8             | Passed |

Hasil analisis beban *nozzle flare* dengan menggunakan *software stress analysis* menunjukkan nilai beban *nozzle flare* pada kondisi sistem pengoperasian memenuhi beban yang diizinkan oleh standar API 537. Hal tersebut dikarenakan *new support spring hanger* yang digunakan dapat menahan pergerakan yang terjadi pada *nozzle flare*. Maka dari itu, penempatan ulang dan pemilihan *new support spring hanger* perlu dilakukan untuk mengurangi beban yang terjadi pada *nozzle flare*.

*Pump Dengan Vertika Loop (Studi Kasus Unit Pengolahan Water Treatment PLTU Unit 2 – 1 X 1000 MW Cirebon).* Surabaya.

#### 4. KESIMPULAN

Hasil analisis menunjukkan pada desain akibat pemasangan *Add On Gate Valve* setelah *maintenance* dengan *new support spring* telah memenuhi batasan izin tegangan ASME B31.3. Untuk evaluasi analisis beban *nozzle flare* akibat pemasangan *Add On Gate Valve* setelah *maintenance* dengan *new support spring hanger* untuk memastikan nilai beban *nozzle flare* tersebut aman. Setelah dilakukan penempatan ulang *support*, desain *new support* menunjukkan nilai tegangan pada pipa dan beban *nozzle flare* sudah memenuhi batasan izin dari standar API 537 dan sistem perpipaan dengan desain *new support* dapat dinyatakan aman ASME B31.3

#### 5. PUSTAKA

- [1] Agustinus, D, (2009), Pengantar Pipping Stress Analysis, *Jakarta: Entry Agustino Publisher.*
- [2] API 537, A (2017) Flare Details for Petroleum, etrochemical, and Natural Gas Industries. Washington, DC: API Publishing Service.
- [3] ASME B31.3, (2022). Process Piping ASME Code for Pressure Piping, 831 AN INTERNATIONAL PIPING CODE. *ASME B31.3-2022: Process Piping (ASME Code for Pressure Piping, B31).* American Society of Mechanical.
- [4] Azzahra, A M, (2021) Analisis Tegangan Jalur Pipa Existing Dari Outlet Well Baru Menuju Tie-point Pada Sistem Onshore.
- [5] Chamsudi, A. (2005). Piping Stress Analisis. Diktat - Piping Stress Analisis. Jakarta.
- [6] Kannappan, S. (1985). *Introduction To Pipe Stress Analysis.* Knoxville: A Wiley-Interscience Publication.
- [7] Mahardhika, P. (2020). *Desain Peletakan Penyangga dan Evaluasi Tegangan Pada Sistem Perpipaan Fluida Masseurite Dari Reheater Menuju Feed Mixer.* JTT (Jurnal Teknologi Terapan).
- [8] Rosan, (2018) Maintenance Without Shutdown AOGV Add On Gate Valve, n.d.)
- [9] Pratama,V. O., Wirawan, A., Tamimah, N., (2022). *Analisa Tegangan, Frekuensi Alami dan Flange Leakage Pada Redesign Sistem Perpipaan Line Outgoing Crude Oil Pada Platform PAPA.* Surabaya.
- [10] Tauladhan, G. (2021). *Analisis Desain Pipa GRP Pada Line Discharge UF Backwash*