

# REDESAIN PIPE SUPPORT PADA SISTEM PERPIPAAN DARI PRESSURE SAFETY VALVE (PSV) DENGAN PEMODELAN CAESAR II

Drajat Kukuh Widya Raharjo.<sup>1\*</sup> Muhammad Shah, S.T.,M.T,<sup>2</sup> Heroe Poernomo S.T.,M.T,<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Perpipaan, Jurusan TPK, PPNS, Surabaya, Indonesia<sup>1\*</sup>

Jurusan TPK, PPNS, Surabaya, Indonesia<sup>2</sup>

Jurusan TPK, PPNS, Surabaya, Indonesia<sup>3</sup>

Email: [drajatkukuh28@gmail.com](mailto:drajatkukuh28@gmail.com)<sup>1\*</sup>; [muh.shah59@yahoo.co.id](mailto:muh.shah59@yahoo.co.id)<sup>2\*</sup>; [heroe\\_p@na.its.ac.id](mailto:heroe_p@na.its.ac.id)<sup>3\*</sup>;

## Abstrak

Pada jalur keluaran steam, dilakukan desain ulang (*redesign*) support pada pipa umbrella existing proyek PT. Pupuk Kaltim. Pipa umbrella ini digunakan untuk mengalirkan steam pada jalur pembuangan boiler yang keluar dari Pressure Safety Valve (PSV). Pada saat *commisioning* pipa umbrella mengalami kegagalan yang diakibatkan kesalahan dalam peletakan support. Desain ulang support perlu dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan pada pipa umbrella dan untuk membuang exhaust steam ke atmosfer. Jalur perpipaan yang didesain harus terjamin keamanannya. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimanakah desain support yang aman pada line PA105-10RV-15301-A1A2-02. Perhitungan tegangan, beban, displacement secara manual maupun menggunakan software juga dibutuhkan dilakukan untuk memastikan desain support yang aman. Pemilihan jenis support juga sangat penting pada penelitian ini. Dari hasil pengolahan data dan analisa data, dapat disimpulkan bahwa tegangan yang terjadi pada desain baru sebesar 14356,3325 Psi hal ini turun menjadi 54% dari desain yang lama. Turunnya tegangan yang terjadi pada desain baru juga dipengaruhi oleh letak dan jenis supportnya. Pada desain baru menggunakan support shoe, guide dan dummy untuk mengkompresikan tegangan yang terdapat pada jalur line PA105-10RV-15301-A1A2-02.

**Kata kunci:** Analisa Tegangan, Redesain, Support, Pressure Safety Valve (PSV) CAESAR II.

## 1. PENDAHULUAN

Pressure Safety Valve (PSV) adalah valve yang digunakan untuk mengamankan tekanan yang berlebihan terhadap air, uap ataupun udara. Valve ini merupakan kelengkapan rangkain perpipaan yang mempunyai peranan penting untuk menjaga dan mengamankan suatu peralatan maupun rangkaian perpipaan pada waktu beroperasi. Pada penelitian ini terjadi kegagalan di jalur pipa PA105-10RV-15301-A1A2-02 pembungan steam dari boiler yang menuju ke Pressure Safety Valve (PSV) yang akan dikeluarkan melalui pipa umbrella sebelum dibuang ke udara. Saat dilakukan *commisioning*, terjadi kegagalan pada pipa umbrella di line PA105-10RV-15301-A1A2-02. Kegagalan terjadi akibat adanya indikasi over stress yang diakibatkan salah dalam peletakan support pada pipa umbrella. Pada tugas akhir ini Selain memperhitungkan insulasi, tugas akhir ini juga memperhitungkan nilai tegangan pipa dengan software yang merujuk Code and Standard ASME B31.3 *Process Piping*. Hasil simulasi

software berupa nilai tegangan akibat beban *sustain*, *occasional* dan ekspansi *thermal*. Desain dapat dikatakan aman apabila ketiga nilai tegangan tersebut dibawah dari *allowable stress*.

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini berisi tentang perhitungan tegangan yang terjadi pada pipa line PA105-10RV-15301-A1A2-02 dan pemilihan support yang sesuai. Desain isometrik dilakukan untuk mengetahui *route* desain yang akan dibuat. Desain isometrik mengacu pada *General Layout* dan *P&ID*. Tebal pipa dan AWP juga perlu dihitung berdasarkan ASME B31.3 *process piping*. Penentuan tebal pipa dilakukan untuk memastikan bahwa nilai *schedule* pipa memenuhi kriteria aman. Penyangga didesain untuk mengurangi tegangan akibat beban *sustain* dan beban *okasional* yang terjadi pada sistem perpipaan. Letak penyangga ditentukan dari hasil perhitungan *Maximum Allowable Span*. Sistem yang telah dirancang akan

dilakukan simulasi dengan menggunakan *software Caesar II*. Perhitungan Tebal Pipa. Tebal pipa lurus dihitung berdasarkan asumsi bahwa pipa tidak terdapat belokan atau percabangan, adapun persamaan dalam menentukan tebal pipa untuk pipa lurus sebagai berikut:

$$t = \frac{PD_o}{2(SE+PY)} + A \dots\dots\dots(1)$$

$$t_m = \frac{t}{1-Mt} \dots\dots\dots(2)$$

Persamaan (1) dan (2) Menunjukkan perhitungan tebal pipa lurus. Dimana P merupakan tekanan kerja sistem (Psi),  $D_o$  Merupakan diameter luar pipa (inch), S merupakan nilai *Allowable Stress Material* (Psi), E Koefisien sambungan las, Y Keofisien material 0.4, Mt merupakan Mill Tolerance 12.5%, A *Corrosion Allowance* (inch), t tebal pipa (inch),  $t_m$  tebal minimum (inch).

**2.3. Allowable Span**

*Limittation stress*

$$L \text{ Span Stress} = \sqrt{\frac{0.4 \times Z \times S}{W_o}} \dots\dots\dots(4)$$

*Limittation deflection*

$$L \text{ Span Deflection} = \sqrt{\frac{\Delta \times E \text{ carbon} \times I}{13.5 \times W_o}} \dots\dots\dots(5)$$

*Nominal support*

$$N_{os} = \frac{L \text{ pipe}}{\text{Minimum } L \text{ span}} \dots\dots\dots(6)$$

Persamaan (4), (5) Menunjukkan batasan nilai span. Dimana S merupakan nilai *Allowable Stress Material* (Mpa), E modulus elastisitas (Pa),  $W_o$  berat per panjang pipa (kg/m), Z *section modulus* ( $m^3$ ), Inersia silinder ( $m^4$ )

**2.4. Perhitungan Tegangan Akibat Pembebanan**

Tegangan akibat beban dihitung berdasarkan persamaan yang dimuat dalam ASME B31.1 *Power Piping*

Tegangan Akibat Beban *Sustain*

$$S_L = \frac{PD_o}{4t} + \frac{0.75 i M_A}{Z} \leq$$

$$1.0 S_h \dots\dots\dots(7)$$

Tegangan Akibat Beban Panas

| <i>Allowable span</i>        | Nilai | Satuan |
|------------------------------|-------|--------|
| Berdasarkan batasan tegangan | 3,6   | m      |
| Berdasarkan batasan defleksi | 2,2   | m      |
| Nominal Support              | 3     | buah   |

$$\frac{i M_c}{Z} \leq S_A \dots\dots\dots(8)$$

Tegangan Akibat beban *Occasional*

$$\frac{P D_o}{4 t_n} + \frac{0.75 i M_A}{Z} + \frac{0.75 i M_B}{Z} < k. S_h \dots\dots\dots(9)$$

Persamaan (7), (8), dan (9) Menunjukkan perhitungan tegangan akibat pembebanan. Dimana nilai P merupakan tekanan kerja sistem (inch),  $D_o$  diameter luar pipa (inch),  $M_A, M_B, M_c$  Resultan momen beban (lb.inch), Z *Section Modulus* ( $inch^4$ ),  $S_h$  *Allowable Stress Material Hot Working* (Psi),  $S_A$  *Allowable Stress Displacment* (Psi), i intensitas factor.

**3. HASIL dan PEMBAHASAN**

**3.1 Perhitungan Tebal pipa**

Tebal pipa dihitung berdasarkan persamaan (1) dan (2). Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan tebal minimum pipa sebesar 0.383 inch dengan menggunakan *Minimum Tolerance* 12.5%. Sesuai standard yang digunakan dalam penentuan *schedule* yaitu ASME B31.3, maka tebal tersebut tidak terdaftar dalam NPS yang ada. Sehingga nilai tersebut dibulatkan menjadi 0.5 inch dan dipilih Sch 60.

**3.3 Perhitungan Allowable Span**

Jarak yang diizinkan antar *support* dan jumlah kebutuhan *ssupport* dapat dihitung berdasarkan persamaan (4), (5) dan (6). Hasil perhitungan ditunjukkan pada tabel 3.1

**Tabel 3.1** Perhitungan *allowable span*

| No | Node  | Kondisi Eksisting   | Kondisi Redesain     | Ratio (%) |
|----|-------|---------------------|----------------------|-----------|
|    |       | Sustained Load(psi) | Sustained Load (psi) |           |
| 1  | 10-20 | 25700,41703         | 13364,3221           | 52,000    |
| 2  | 20-30 | 25287,6385          | 13254,6352           | 52,415    |
| 3  | 30-35 | 25962,16613         | 14146,4526           | 54,489    |
| 4  | 35-41 | 28567,3501          | 14356,3325           | 50,254    |
| 5  | 41-45 | 26613,28225         | 13411,5893           | 50,394    |
| 6  | 45-50 | 25098,77077         | 13267,5871           | 52,862    |

**3.4 Perhitungan Tegangan Manual**

**Tabel 3.2** Perhitungan Manual

Dari tabel diatas menunjukkan perhitungan nilai tegangan total yang merupakan penjumlahan dari tegangan aksial, tegangan tekan dan juga tegangan bending. Nilai tegangan total pada kondisi eksisting paling besar adalah 28567,3501 Psi, sedangkan nilai *allowable stress* material sebesar 20000 Psi. Hal ini menunjukkan bahwa nilai tegangan *sustain load* material lebih besar dibandingkan dengan tegangan *allowable stress* akibatnya sistem mengalami tegangan yang berlebih. Sedangkan nilai tegangan total pada kondisi redesain paling besar adalah 14356,3325 Psi. Hal ini menunjukkan bahwa nilai tegangan *sustain load* yang terjadi lebih kecil dibandingkan dengan tegangan *allowable stress*. Maka dari hasil perhitungan redesain, dapat diambil kesimpulan bahwa sistem dapat dikatakan aman.

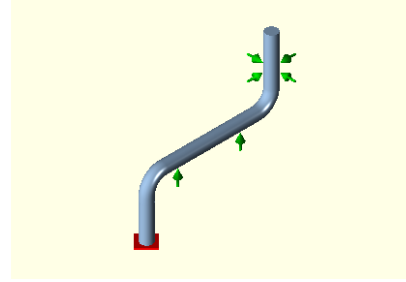
### 3.5 Perhitungan Tegangan Manual

Tabel 3.3 Perhitungan Software

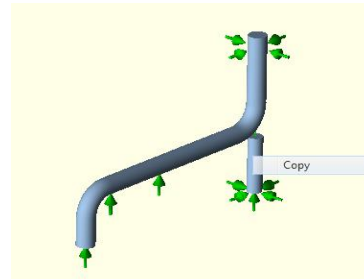
| No | Node  | Kondisi Eksisting   | Kondisi Redesain     | Ratio (%) |
|----|-------|---------------------|----------------------|-----------|
|    |       | Sustained Load(psi) | Sustained Load (psi) |           |
| 1  | 10-20 | 35393,8492          | 18566,2808           | 52,456    |
| 2  | 20-30 | 40257,8348          | 18576,5785           | 46,144    |
| 3  | 30-35 | 40847,2682          | 18642,7157           | 45,640    |
| 4  | 35-41 | 38345,6573          | 14562,5141           | 37,977    |
| 5  | 41-45 | 38798,175           | 18574,4029           | 47,874    |
| 6  | 45-50 | 38119,9785          | 18576,7235           | 48,732    |

Dari diatas menunjukkan perhitungan software dengan nilai tegangan maksimal yang terjadi untuk kondisi eksisting 40847,2682 psi, yang mana hasil tersebut masih di atas dari *allowable stress* material sebesar 20000 psi. Sedangkan hasil analisa *software* untuk kondisi redesain tegangan maksimal yang terjadi sebesar 18576,723 psi dan masih berada dibawah *allowable stress* material. Dengan demikian nilai yang keluar dari software pada redesain dapat dikatakan bahwa sistem aman.

### 3.6 Simulasi Line Number PA105-10RV-15301-A1A2-02 Dengan Pemodelan CAESAR II



Gambar 3.1 Simulasi Jalur Existing



Gambar 3.2 Simulasi Jalur Redesign

## 4. KESIMPULAN

1. Nilai tegangan maksimum pada *line number* PA105-10RV-15301-A1A2-02 adalah sebesar 14356,33 Psi dengan demikian nilai tersebut masih dibawah nilai *allowable stress* material yang sebesar 20000 Psi.
2. Pada penelitian ini, direkomendasikan penambahan *support* tipe *shoe*, *guide* dan *dummy* pada *line number* PA105-10RV-15301-A1A2-02. Rekomendasi ini mampu mereduksi nilai stress pada line tersebut sebesar 14211 Psi atau sebesar 54% dan masuk *allowable stress* yang sesuai standard.
3. Tipe *support* yang digunakan pada desain eksisting adalah *shoe support* dimana pada hasil *software* nilai tegangan yang terjadi sebesar 40847,2682 psi dimana nilai tersebut masih diatas *allowable stress* material. Sedangkan tipe *support* yang digunakan pada desain baru (redesain) yaitu *shoe support*, *guide support*, dan *dummy support* pada hasil *software* nilai tegangan yang terjadi sebesar 18576,7235 psi dimana nilai tersebut berada dibawah *allowable stress* material. Oleh karena itu penambahan jenis *support* dapat menahan tegangan yang terjadi pada sistem.

## 5. DAFTAR NOTASI

- P = Tekanan internal operasi kerja (Psi)  
 $D_o$  = *Outside Diameter* (inch)  
 $D_i$  = *Inside Diameter* (inch)  
 $r_o$  = Jari jari luar pipa (inch)  
 $r_i$  = Jari jari dalam pipa (inch)  
 $E$  = *Joint factor*  
 $s$  = *Allowable Stress* Material (Psi)  
 $y$  = Faktor Koefisien material.

$t_m$  = Nominal tebal minimum (inch)  
 $M_t$  = Mill Tolerance 12.5 %

## **6. DAFTAR PUSTAKA**

1. Agustinus, D. (2009). Pengantar *Piping Stress Analysis*. Jakarta: Entry Augustino Publisher
2. *American Society of Mechanical Engineer for Process Piping* B31.3.2012
3. Chamsudi, A. (2005) Diktat – *Piping Stress Analysis*. Jakarta: Rekayasa Industri
4. Kannappan, S. (1986). Introduction to Pipe Stress Analysis. U.S.A John Wiley & Sons Inc.
5. Smith, P.R., & Van Laan, T.J. (1987). *Piping and Pipe Support Systems*. U.S.A: McGraw Hill Inc.
6. Tijara Pratama (2004). *Analisa Dasar Tegangan Pipa*. Jakarta: Tijara Pratama Inc.