

# Redesain Cryogenic Ethylene Pipe Dari Demethanizer Flux Drum Menuju Offgas Exchanger Terhadap Displacement (Studi Kasus di Capex Project)

Mohammad Rohmat Fuadi <sup>1\*</sup>, Pekik Mahardhika. <sup>2</sup>, Nopem Ariwiyono <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: rohmatfuad@gmail.com<sup>1</sup> \*pekikmahardhika@ppns.ac.id<sup>2</sup> nopem.ppns@gmail.com<sup>3</sup>

## Abstrak

Pada jalur demethaniser flux drum menuju off gas exchanger di PT Candra Asri Petrochemical, ethylene dialirkan melalui pipa A312 gr tp 304 sepanjang 257,87 meter. Namun pada saat beroperasi, pipa mengalami kompresi yang mengakibatkan perubahan displacement sebesar -364.87 mm. Penunjangnya (Support) tidak dapat mengakomodir perubahan tersebut sehingga pipa mengalami pembengkokan. Nilai displacement yang ditentukan oleh pihak kontraktor sebesar +/- 40 mm. Perubahan desain, perhitungan tegangan, dan displacement dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut di atas. Perhitungan tegangan dilakukan secara manual dan menggunakan software CAESAR II. Laluperhitungan ekonomis dilakukan untuk mengetahui penambahan material dan biaya pemasangan pada desain baru. Hasilnya, 4 buah expansion loop ditambahkan pada desain baru. Hasil perhitungan displacement manualnya sebesar -39,05 mm dan -39,44 mm pada perhitungan software. Hasil perhitungan tegangan maksimal akibat sustain load 10798.8Psi, occasional load 21318 Psi dan thermal load 24070 Psi. Nilai tegangan desain pada sistem tidak melebihi nilai tegangan ASME B31.3 sehingga sistem tersebut dinyatakan aman. Pipa sepanjang 22,24 meter dan 24 buah fitting elbow 90° juga harus ditambahkan pada desain baru tersebut. Anggaran biayanya sebesar Rp 3.991.000 atau \$ 307

**Kata kunci :** Expansion loop, Cryogenic Pipe, Desain Ulang, Analisa Tegangan, Analisa biaya, CAESAR II

## 1. PENDAHULUAN

PT IKPT (Inti Karya Persada Teknik) mendapat proyek Candra Asri Petrochemical Ethylene Cracker Complex Expansion Project (CAPEX) di PT Candra Asri Petrochemical Anyer, Jawa Barat dari tahun 2013 hingga 2016. Perubahan displacement pada pipa yang terlalu besar dapat menjadi masalah yang serius karena dapat menyebabkan kegagalan sistem, pada masa garansi terjadi suatu masalah pada sistem perpipaan pada line number 2P-4326N-B11K-R yang terletak di pipe rack. Pipa line number 2P-4326N-B11K-R mengalami kompresi saat pipa dialiri fluida dingin dengan temperatur operasional -105,8°C dan mengalami ekspansi saat line tidak beroperasi. Akibatnya Support tidak bisa mengakomodir perubahan displacement yang melebihi lebar beam pipe rack, sehingga beberapa support terjatuh. Pada saat ekspansi, support yang jatuh tersebut mengunci pergerakan pipa sehingga semakin jauh jarak support dengan anchor semakin besar perubahan displacement yang terjadi. Berdasarkan client specification, line number 2P-4326N-B11K-R tidak termasuk critical line list. Sehingga perhitungan

tegangantidak diperlukan dan hanya dilakukan perhitungan pipe span. IKPT sebagai pihak kontraktor pada Candra Asri Petrochemical Ethylene Cracker Complex Expansion Project (CAPEX) melakukan peninjauan kembali dilakukan berupa perhitungan ulang dan redesain. Pada jurnal tugas akhir ini akan dilakukan perbandingan desain, kalkulasi tegangan, dan analisa biaya. Sehingga dapat diketahui desain optimal yang dapat diaplikasikan pada sistem perpipaan naphtha cracker

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Prosedur Penelitian

Penelitian yang dilakukan pada tugas akhir ini secara umum digunakan untuk merubah desain dari jalur pipa sepanjang 257.87 m yang terletak di atas pipe rack di kompleks industri Candra Asih Petrochemical. Perubahan desain dilakukan karena terjadi perubahan displacement yang melebihi batas toleransi contractor sebesar +/- 40 mm yang mengakibatkan pembengkokan pada pipa line number 2P-4326N-B11K-R. Untuk mengatasi perubahan displacement yang terlalu besar, tugas akhir ini mencoba membandingkan desain I dengan

desain 2. Perubahan desain dengan penambahan *expansion loop*. Perbandingan desain 1 dan 2 akan dianalisa menggunakan *software Caesar II* untuk mengetahui tegangan dan *displacement* pipa.

### 2.2 Tegangan izin

- Untuk kondisi *occasionalload*

$$S_{occasional} = 1.33Sh \quad (1)$$

- Untuk kondisi *Thermal load*

$$S_{ekspansi} = f(1.25Sc + 0.25Sh) \quad (2)$$

Nilai tegangan izin yang digunakan sebagai acuan adalah nilai tegangan izin berdasarkan desain temperatur. Nilai tegangan izin dari setiap kondisi berbeda. Untuk kondisi *sustained load* nilai tegangan izin material sesuai dengan tegangan izin pada *ASME B31.3*. Untuk kondisi *sustained load* nilai tegangan izin tidak boleh lebih dari tegangan izin berdasarkan *ASME B31.3*. Untuk kondisi *occasional* dan *Thermal* mengacu pada persamaan (1) dan (2)

### 2.3. Tegangan pada Pipa

Tegangan pada pipa meliputi tegangan akibat pembebanan sustain, ekspansi termal, operatng, dan hydrostatic test. Nilai tegangan pada pipa tidak boleh melebihi tegangan izin berdasarkan standar *ASME B31.3*.

#### 2.3.1. Sustained Load

$$\sigma_L = \frac{MC}{I} + \frac{F}{A} + \frac{Pdo}{4t} \quad (3)$$

*Sustained load* adalah total dari *longitudinal stress* yang diakibatkan oleh tekanan dan berat pada sistem perpipaan (*ASME B31.3 2010*), sehingga dapat dikatakan istilah lain dari *sustained load* adalah *longitudinal stress*, jenis tegangan dari *longitudinal stress* meliputi *axial stress*, *pressure stress*, dan *bending stress* ketiga persamaan ini ditunjukkan pada persamaan (3)

### 2.3.2. Occasional load – seismic

$$S = 0.75i12 \frac{WL^2}{8Z} 1.5 \quad (4)$$

Dalam merancang suatu sistem perpipaan, tidak akan lepas dari perhitungan mengenai beban dinamis yang terjadi. Salah satu beban dinamis tersebut adalah *seismic load* (*Piping Handbook*). Besarnya tegangan akibat *seismic load* dapat dirumuskan dalam persamaan (4)

### 2.3.3. Thermal Load

$$M = \frac{6EI\Delta}{L^2} \quad (5)$$

$$\Delta = \alpha \times L \times (T_o - T_i) \quad (6)$$

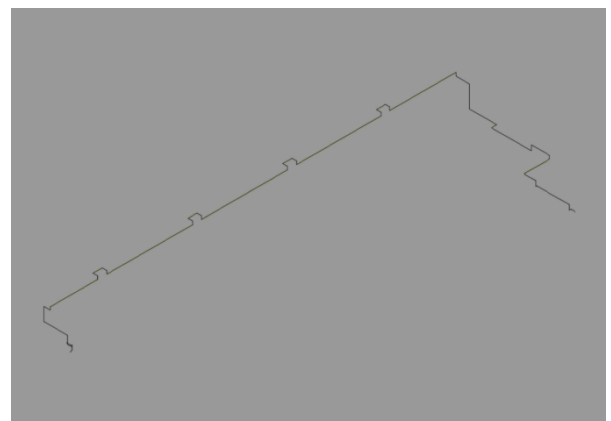
$$S = \frac{iM}{Z} \quad (7)$$

Akibat dari temperatur fluida alir dan sifat material pipa, dapat menyebabkan terjadinya perpanjangan pada pipa (ekspansi) Untuk metode guided cantilever momen yang dihasilkan akibat pengaruh defleksi ditunjukkan pada persamaan (5) dan (7). Sementara untuk perhitungan *displacement* ditunjukkan pada persamaan (6)

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Redesain Desain 2

Desain ulang dilakukan berdasarkan kebutuhan *displacement* yang ditentukan oleh kontraktor serta disesuaikan dengan luas area yang tersedia di lapangan. Gambar 1 menunjukkan desain baru yang didesain memiliki 4 buah *expansion loop* guna menyerap *displacement* yang terjadi



Gambar 1. Redesain Jalur 2P-4326N-B11K-R

### 3.2 Tegangan Izin

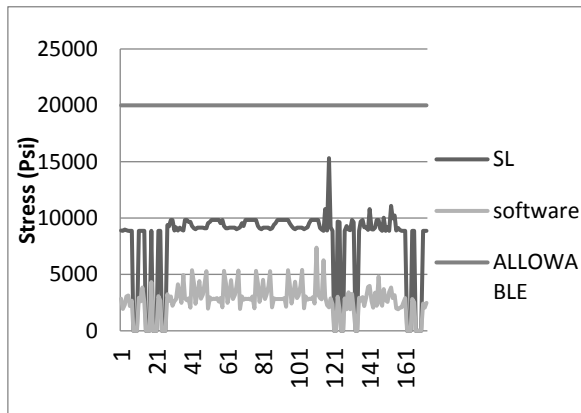
Tegangan izin pada pipa ditentukan sesuai dengan persamaan 3 sampai dengan 12. Tabel 1 dan 2 merupakan nilai tegangan izin pada pipa dan sesuai dengan *code* ASME B31.3 dan ASME Sec.VIII Div. I.

**Tabel 1.** Nilai Tegangan Izin pada Pipa

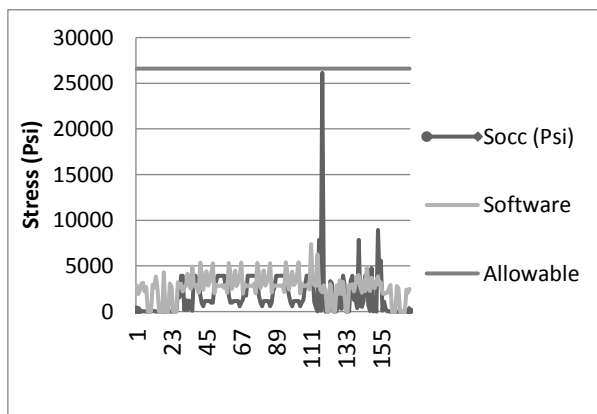
| Parameter    | Besaran | Satuan |
|--------------|---------|--------|
| Sc           | 20000   | Psi    |
| Sh           | 20000   | Psi    |
| F            | 1       |        |
| S expansion  | 30000   | Psi    |
| S occasional | 26600   | Psi    |

### 3.3 Analisa tegangan pipa

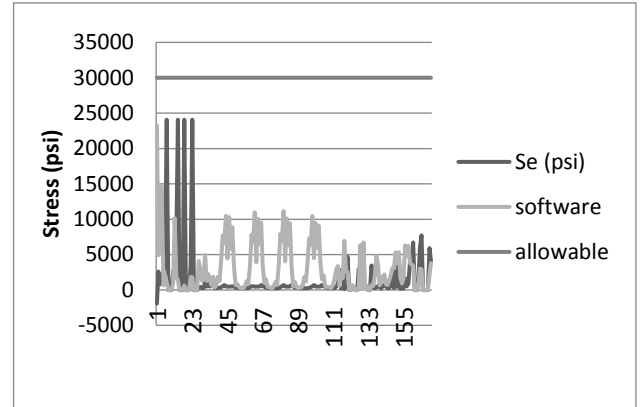
Dari perhitungan analisa tegangan pipa menggunakan *software* CAESAR II pada 3 *load case* yakni, *sustained load*, *occasional load* dan *thermal load* didapatkan nilai tegangan yang aman yakni dibawah batasan *stress* pada *code* ASME B31.3.



**Gambar 2 (a)** Sustain Load



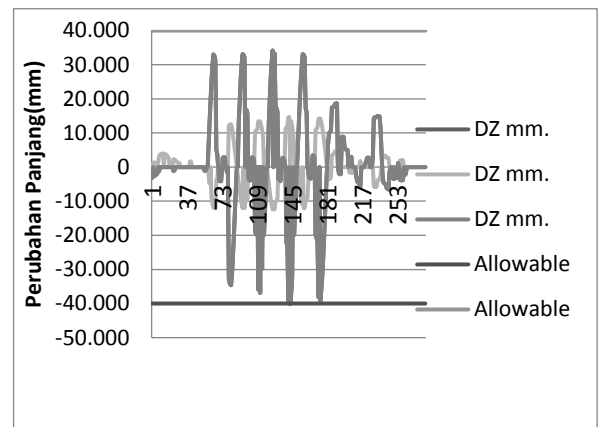
**Gambar 2(b)** Occasional Load



**Gambar 2(c).** Thermal load

Gambar 2 (a) (b) dan (c) menunjukkan tegangan akibat pembebanan *sustain*, *occasional* dan *thermal* pada kondisi redesain. Hasil pemodelan desain 2 menunjukkan bahwa tegangan pada pipa memenuhi tegangan izin yang disyaratkan oleh ASME B31.3. Nilai tegangan pada pipa meliputi tegangan akibat pembebanan *sustain load*, *occasional load* dan *thermal load*.

### 3.4 Displacement pipa



**Gambar 3.** Displacement

Gambar 3 menunjukkan nilai *displacement* yang terjadi pada kondisi redesain. Hasil pemodelan desain 2 menunjukkan bahwa penambahan *expansion loop* pada pipa memenuhi nilai *displacement* yang disyaratkan oleh kontraktor sebesar +/- 40 mm. Nilai *displacement* pada desain baru yakni -39,05 mm pada segmen 18 perhitungan manual dan sebesar -39,44 mm pada perhitungan *software* sehinggadesain dinyatakan aman

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan antara lain sebagai berikut:

1. Besar tegangan maksimal yang terjadi pada line number 2P-4326N-B11K-R akibat *sustain load* sebesar 15924.5 Psi, akibat *occasional load* sebesar 21318 Psi dan akibat *thermal load* sebesar 22692.5 Psi. Nilai tegangan desain pada sistem tidak ada yang melebihi nilai tegangan yang diizinkan (*over stress*) sehingga sistem dinyatakan aman. Nilai *displacement* yang terjadi sebesar -364,87 mm pada segmen 11 perhitungan manual dan sebesar -257.7 mm pada perhitungan *software*. Nilai *displacement* pada sistem melebihi nilai yang diizinkan kontraktor (*over displacement*) yaitu sebesar +/- 40 mm ke arah samping dan +/- 20 mm keatas

2. Pada line number 2P-4326N-B11K-R dilakukan penambahan 4 buah *expansion loop* guna mengakomodir perubahan *displacement*. Nilai *displacement* pada desain baru yakni -39,05 mm pada segmen 18 perhitungan manual dan sebesar -39,44 mm pada perhitungan *software*. Pengaruh perubahan desain terhadap tegangan maksimal akibat *sustain load* adalah sebesar 10798.8 Psi, akibat *occasional load* sebesar 21318 Psi, akibat *thermal load* sebesar 24070 Psi. Nilai tegangan desain pada sistem tidak ada yang melebihi nilai tegangan yang diizinkan (*over stress*) sehingga sistem dinyatakan aman

3. Desain 2 mengalami penambahan pipa sepanjang 22,24 meter dan *fitting elbow* 90° pada desain dua mengalami penambahan 24 buah. Anggaran biaya yang dikeluarkan untuk desain 2 sebesar Rp 3.991.000 atau \$ 307

#### 5. DAFTAR NOTASI

- $S_h$  = *basic allowable stress* pada temperatur *metal max* (psi)  
 $S_c$  = temperatur metal min (psi)  
 $A_i$  = luas area diameter dalam pipa (in<sup>2</sup>)  
 $A_m$  = luas area *cross section* pipa (in<sup>2</sup>)  
 $P$  = *pressure* (psi)  
 $W$  = berat pipa (lb/in)  
 $L$  = panjang pipa per *node* (in)

$I$  = Momen *inersia* penampang (in<sup>4</sup>)

$M_b$  = Momen *bending* (in-lb)

$t$  = Tebal pipa (in)

$S$  = *Seismic stress* (psi)

$i$  = *Stress intensification factor*

$W$  = Berat pipa (lb)

$Z$  = Modulus penampang pipa (in<sup>4</sup>)

$L$  = Panjang pipa (in)

$G$  = *Seismic acceleration*

$\Delta$  = *displacement* (in)

$\alpha$  = Koefisien *Thermal Expansion*

$T_o$  = Temperatur Operasi (°F)

$T_i$  = Temperatur Instalasi (°F)

$M$  = momen yang terjadi pada tumpuan (in-lb)

$I$  = momen inersia (in<sup>4</sup>)

$L$  = panjang pipa (in)

$E$  = modulus elastisitas (psi)

$Z$  = *section modulus* (in<sup>3</sup>)

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- ASME (2010). ASME B31.3-2010 (Revision of ASME B31.3-2008), Process Piping, ASME Code for Pressure Piping, B31. The American Society of Mechanical Engineering, U.S.A.
- Chamsudi, Achmad. (2005). Piping Stress Analysis. Badan Tenaga Nuklir Nasional PUSPITEK, Serpong.
- Grinnel, ITT (1981), Piping Desain and Engineering, ITT Grinnel Corporation, U.S.A.
- Helguero M., Victor. (1986). Piping Stress Handbook. Gulf Publishing Company, Houston, Texas.
- Kannappan, Sam. (1986). Introduction to Pipe Stress Analysis. John Wiley & Sons, Inc., U.S.A.

6. Peng, L.C., Alvin Peng. Pipe Stress Engineering. Peng Engineering, Houston, Texas, USA.
7. Teguh Pudji Hertanto M.Sc, Ir. (2009). Program Keahlian Sistem Pemipaan. PT. Karinda Sumber Daya, Jakarta.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan