

# Desain Expaaansion Loop Pada Line 07/AFC/AEI/-LND/C-18.0127/004 Untuk Proses Molecular Sieve Adsorber Di Perusahaan Gas

Ardenza Dicha Iswara<sup>1\*</sup>, Heroe Poernomo<sup>2</sup>, Pekik Mahardhika<sup>3</sup>

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

Email: ardenzadicha.iswara@gmail.com<sup>1\*</sup>

**Abstract** - Molecular sieve adsorber (MSA) system on gas industry is most important in the run of production. Displacment on piping network at MSA system mostly cuased by thermal expansion, where the operating pressure and temperature is high. As happenend on line 07/AFC/AEI/-LND/C-18.0127/004 that tranfered gas from heat exchanger to sliencer which displacement on piping sytem and failure on support. Redesign should be done with add expansion loop on piping system, there is three type that analyzed horizontal loop, threedimensional loop, and z bend loop. The analysis is find the effective design based on expansion load, sustain load, occasional load, pressure drop, and cost. From analysis, the effective design is horizontal loop with value of expansion load is 4020 psi, sustain load 10478 psi, occasional load 8554 psi, pressure drop 0.14 psi, and cost Rp. 120,202,460.00. With the result of analysis and calculation on above, company can minimize potential of displacement on piping system in the next maintenance for stability of production.

**Keyword:** Molecular Sieve Adsorber, Displacement, Expansion Loop, Expansion Load, Sustain Load, Occasional Load

## Nomenclature

OD	Outside diameter (in)
ID	Inside diamter (in)
L	Panjang pipa (in)
$\rho$ Pipe	Density pipa (lb/inch <sup>3</sup> )
$\rho$ Fluida	Density fluida (lb/inch <sup>3</sup> )
t	Thikness pipa (in)

## 1. PENDAHULUAN

Temperature Swing Adsorber (TSA) yaitu proses penyaringan udara berdasarkan peningkatan suhu dalam fase gas. TSA merupakan salah satu metode dalam proses *molecular sieve adsorber (MSA)* yang digunakan pada perusahaan gas. Pada proses ini diperlukan udara dengan suhu tinggi, dimana sebelum masuk ke mesin TSA terlebih dahulu dipanaskan melalui *heat exchanger*. Pada proses pemanasan udara akan di hasilkan sebagian gas panas yang di teruskan ke mesin TSA dan juga gas sisa yang akan di buang ke lingkungan melalui *sliencer*.

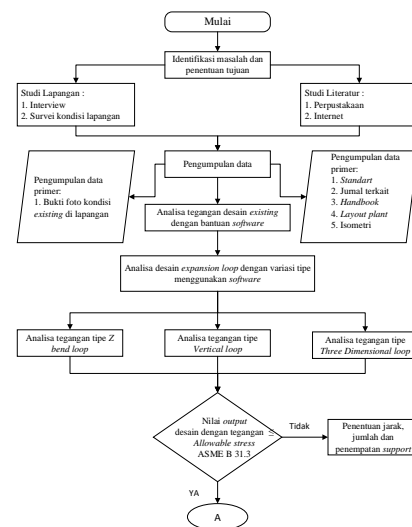
Masalah yang dapat ditimbulkan temperatur operasi tinggi adalah adanya *thermal expansion* yang tinggi. Seperti pada penelitian kali ini, terjadinya kegagalan *support* akibat *displacement* pada pipa, yang terjadi pada line 07/AFC/AEI/-LND/C-18.0127/004 dengan diameter pipa 30 inchi dari *heat exchanger* menuju *sliencer*. Tentu diperlukan penanggulangan dari masalah tersebut, salah satu metodenya dengan penambahan desain *expansion loop* untuk mengurangi *thermal expansion*. Untuk melakukan penambahan *expansion loop* diperlukan analisa terlebih dahulu seperti pemilihan tipe *loop* yang sesuai dari segi tegangan, *pressure drop* dan juga segi ekonomis yang mengacu pada standar ASME B31.3. Pada penelitian kali ini terlebih dahulu akan dianalisa *line existing* untuk memastikan *stress* yang terjadi. Setelah itu dilakukan pemilihan tipe *loop* yang efektif

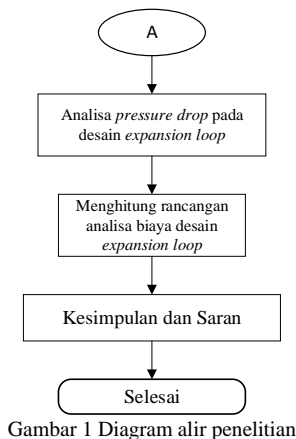
dari *horizontal loop*, *threedimensional loop*, dan *z bend loop*. Pemilihan didasarkan pada nilai teknis dan ekonomis.

## 2. METODOLOGI

### 2.1. Metode Penelitian

Berikut Gambar 1 merupakan diagram alir penelitian :





Gambar 1 Diagram alir penelitian

**2.2. Formula Matematika**

Formula yang digunakan dalam perhitungan pada penelitian ini meliputi :

**1. Allowable Span**

Allowable span adalah jarak maksimal antar support pipa. Perhitungan span berguna untuk memastikan jarak support ekisting terhadap allowable span, berdasarkan beban pipa, beban fluida, dan beban insulasi [3]. Rumus tersebut mengacu pada handbook Sam Kannapan sebagai berikut [5] :

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

$$W_{fluid} = \frac{\pi \times (ID^2) \times \rho \text{ insulation}}{4} \tag{2}$$

$$W_{insulation} = \frac{\pi \times t \times \rho \text{ insulation}}{4} \tag{3}$$

$$W_{total} = W_{pipe} + W_{fluid} + W_{insulation} \tag{4}$$

$$W_{fluid} = \frac{W_{total}}{L_{pipe}} \tag{5}$$

**2. Analisa Tegangan Statis**

Analisa tegangan statis meliputi thermal load, sustain load, occasional load. Perhitungan tegangan statis menggunakan software CAESAR II [1]. Pada pemodelan diperlukan penentuan node/segmen terlebih dahulu dan loadcase sesuai dengan tegangan yang akan dianalisa, sebagai berikut :

Tabel 1 Loadcase tegangan statis untuk pemodelan CAESAR II

LOADCASE	STRESS TYPE	
L1	WW+HP	HYD
L2	W+T1+P1	OPE
L3	W+T2+P2	OPE
L4	W+T2+P2+U1+U2	OPE
L5	W+T2+P2-U1-U2	OPE
L6	W+T2+P2+U1-U2	OPE
L7	W+T2+P2-U1-U2	OPE
L8	W+T2+P2+U2+U3	OPE
L9	W+T2+P2+U2-U3	OPE
L10	W+T2+P2-U2+U3	OPE
L11	W+T2+P2-U2-U3	OPE
L12	W+P1	SUS
L13	W+P2	SUS
L14	L4-L3	OCC
L15	L5-L3	OCC
L16	L6-L3	OCC
L17	L7-L3	OCC
L18	L8-L3	OCC
L19	L9-L3	OCC
L20	L10-L3	OCC
L21	L11-L3	OCC
L22	L4-L5,L6-L7	OCC
L23	L8-L9,L10-L11	OCC
L24	L2-L12	EXP
L25	L3-L13	EXP
L26	L2-L3	EXP

(sumber : CAESAR II, 2014)

**3. Pressure Drop**

Setiap perubahan desain akan mengakibatkan perubahan nilai tekanan sehingga perlu dilakukan perhitungan ulang nilai pressure drop yang terjadi [4]. Pada penelitian ini nilai pressure drop dihitung menggunakan perhitungan manual dan software PipeFlow Expert, dari perhitungan tersebut kemudian divalidasi untuk mengetahui eror yang terjadi. Sehingga didapat nilai pressure drop yang akurat. Berikut merupakan rumus yang digunakan untuk menghitung pressure drop secara manual [2]:

Tabel 2. 1 Coefficient loss pada fitting

Component	K <sub>L</sub>	
Elbow	Regular 90°, threaded	1,5
	Long 90°, threaded	0,7
	Regular 45°, threaded	0,4
Tee	Line flow, threaded	0,9
	Branch flow, threaded	2,0
Reducing socket	1"x1/2"	0,05
	1 1/4"x1"	0,07
	2"x1"	0,07
	2"x1 1/4"	0,06
Union, threaded	0,08	
Valves	Ball valve, fully open	0,05
	Ball valve, 1/3 closed	5,5
	Ball valve, 2/3 closed	210

Nilai friction factor (f) dapat dicari menggunakan grafik moody,s diagram jika aliran turbulen, dengan nilai Re dihitung terlebih dahulu menggunakan rumus di bawah ini :

$$Re = \frac{VD\rho}{\mu} \tag{6}$$

$$\Delta P = \rho \left[ \frac{v^2}{2} \left( f \frac{L}{D} + \sum K \right) \right] \tag{7}$$

**4. Pemilihan Desain Efektif**

Pemilihan desain efektif menggunakan metode eliminasi teknis dan ekonomis. Pemilihan desain didasarkan pada perhitungan tegangan, pressure drop, dan analisa biaya. Total dari variabel yang dianalisa sebanyak Sembilan dengan tiga variasi desain yang kemudian dapat dicari nilai peluang tertinggi.

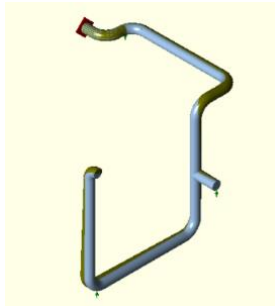
**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1. Analisa Tegangan pada Desain Existing**

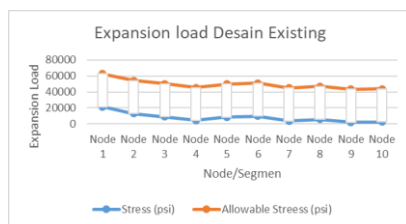
Untuk mengetahui penyebab kegagalan pada line 07/AFC/AEI-/LND/C-18.0127/004 diperlukan adanya analisa desain existing. Dengan adanya analisa dapat diketahui tegangan yang menjadi penyebab kegagalan sehingga didapatkan solusi dari kegagalan tersebut. Perhitungan tegangan menggunakan bantuan software CAESAR II. Menunjukkan adanya indikasi pada node 20 dengan expansion load sebesar 21505.1 psi, Seperti pada tabel 2 dibawah.

Tabel 2 Pembagian node desain existing

Panjang Segmen Desain Existing	
Node/Segmen	Panjang (ft)
Node 1/Segmen 1	98,43
Node 2/Segmen 2	141,73
Node 3/Segmen 3	385,83
Node 4/Segmen 4	98,43
Node 5/Segmen 5	181,1
Node 6/Segmen 6	205,12
Node 7/Segmen 7	312,99
Node 8/Segmen 8	297,24
Node 9/Segmen 9	47,24
Node 10/Segmen 10	39,37



Gambar 2 Pemodelan desain existing pada software CAESAR II



Gambar 3 Grafik Expansion load desain existing

### 3.2. Perhitungan Allowable Span Desain Expansion Loop

Perhitungan jarak antar support digunakan untuk memastikan jarak maksimal pemasangan support pada kondisi desain baru dengan penambahan expansion loop. Berikut merupakan perhitungannya :

$$\begin{aligned}
 W_{\text{pipe}} &= \frac{\pi}{4} \times (OD^2 - ID^2) \times \rho_{\text{pipe}} \\
 &= \frac{\pi}{4} \times (30^2 - 29,25^2) \times 483,82 \\
 &= 16885,86 \text{ lb/ft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{\text{fluida}} &= \frac{\pi}{4} \times (ID^2) \times \rho_{\text{fluid}} \\
 &= \frac{\pi}{4} \times (29,25^2) \times 0,37 \\
 &= 248,625 \text{ lb/ft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{\text{ins}} &= \frac{\pi}{4} \times (OD_{\text{ins}}^2 - OD^2) \times \rho_{\text{ins}} \\
 &= \frac{\pi}{4} \times (33,15^2 - 30^2) \times 2 \\
 &= 312,47 \text{ lb/ft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{\text{total}} &= W_{\text{pipe}} + W_{\text{fluida}} + W_{\text{ins}} \\
 &= 16885,86 + 248,625 + 312,47 \\
 &= 17445 \text{ lb/ft}
 \end{aligned}$$

- Based on limitation of stress

$$\begin{aligned}
 L &= \sqrt{\frac{0,4 \times Z \times Sh}{W}} \\
 L &= \sqrt{\frac{0,42 \times 492 \times 20000}{17445}} \\
 L &= 35,026 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

- Based on limitation of deflection

$$\begin{aligned}
 L &= \sqrt[4]{\frac{\Delta EI}{13,5W}} \\
 L &= \sqrt[4]{\frac{5 \times 28375000 \times 7380}{13,5 \times 17445}} \\
 L &= 40,49 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan jarak antar support diketahui jarak tiap support maksimal sejauh 35.026 ft berdasarkan limitation of stress dan 40.49 ft berdasarkan limitation of deflection. Dari hasil tersebut ditentukan nilai terkecil dari keduanya yaitu 35.026 ft untuk dijadikan nilai Allowable span. Dari jarak tersebut diketahui kebutuhan support semua tipe desain expansion loop sebanyak 5 buah dari total jarak 171.67 ft untuk desain horizontal loop, 182.82 ft untuk desain threedimensional loop, 147.98 ft untuk desain z bend loop dijadikan dasar dalam pemodelan desain expansion loop di CAESAR II.

### 3.3. Analisa Tegangan Desain Horizontal Loop

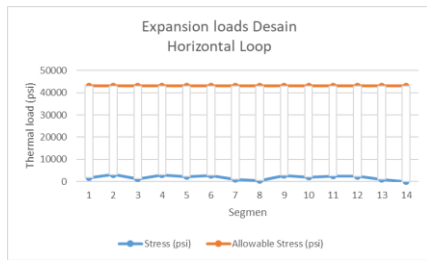
Pembagian node/segmen pada desain horizontal loop didasarkan pada banyaknya belokan dan support pada line 07/AFC/AEI/LND/C-18.0127/004 terdapat pada Tabel 3.2. Analisa tegangan mencakup expansion load, sustain load, dan occasional load. Pada analisa tegangan desain horizontal semua nilai tegangan berada dibawah allowable stress sehingga desain ini dapat diterima dari segi analisa tegangan, seperti pada grafik 3.2 dibawah.

Tabel 3 Pembagian node desain horizontal loop

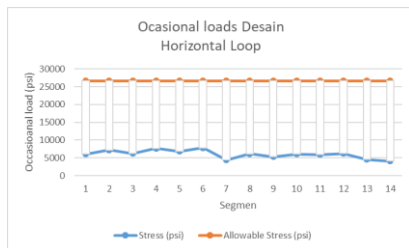
Panjang Segmen Desain Horizontal Loop	
Node/Segmen	Panjang (ft)
Node 1/Segmen 1	5,512
Node 2/Segmen 2	24,481
Node 3/Segmen 3	9,971
Node 4/Segmen 4	11,706
Node 5/Segmen 5	5,837
Node 6/Segmen 6	11,706
Node 7/Segmen 7	9,971
Node 8/Segmen 8	14,948
Node 9/Segmen 9	18,223
Node 10/Segmen 10	11,673
Node 11/Segmen 11	31,047
Node 12/Segmen 12	8,106
Node 13/Segmen 13	3,243
Node 14/Segmen 14	3,243



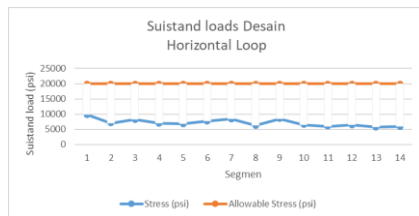
Gambar 4 Pemodelan desain horizontal loop pada software CAESAR II



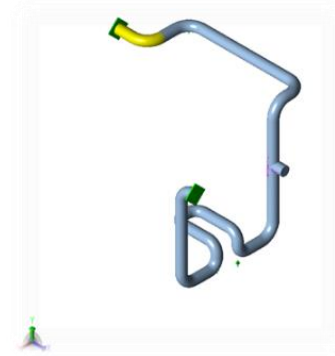
Gambar 5 Grafik Expansion load desain *horizontal loop*



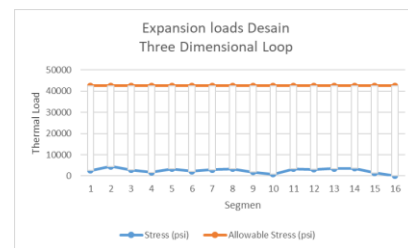
Gambar 6 Grafik Occasional load desain *horizontal loop*



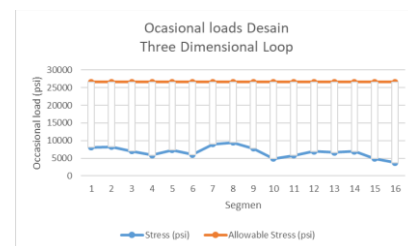
Gambar 7 Grafik Sustain load desain *horizontal loop*



Gambar 3. 1 Pemodelan desain *three dimensional loop* pada software CAESAR II



Grafik 3. 1 *Expansion loop* desain *three dimensional loop*



Grafik 3. 2 Occasional load desain *three dimensional loop*



Grafik 3. 3 Sustain loop desain *three dimensional loop*

### 3.4. Analisa tegangan desain *threedimensional loop*

Pembagian node/segmen pada desain *three dimensional loop* didasarkan pada banyaknya belokan dan *support* pada *line 07/AFC/AEI-LND/C-18.0127/004* terdapat pada Tabel 3.2. Analisa tegangan mencakup *expansion load*, *sustain load*, dan *occasional load*. Pada analisa tegangan desain horizontal semua nilai tegangan berada dibawah *allowable stress* sehingga desain ini dapat diterima dari segi analisa tegangan, seperti pada grafik 3.5 dibawah.

Tabel 4 Pembagian node desain *three dimensional loop*

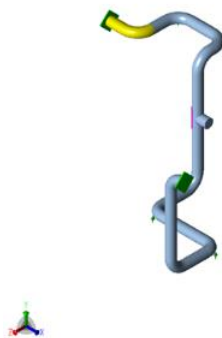
Panjang Segmen Desain <i>Three Dimensional Loop</i>	
Node/Segmen	Panjang (ft)
Node 1/Segmen 1	5,51
Node 2/Segmen 2	24,48
Node 3/Segmen 3	9,97
Node 4/Segmen 4	5,51
Node 5/Segmen 5	11,71
Node 6/Segmen 6	5,84
Node 7/Segmen 7	11,71
Node 8/Segmen 8	5,51
Node 9/Segmen 9	9,97
Node 10/Segmen 10	14,95
Node 11/Segmen 11	18,22
Node 12/Segmen 12	11,67
Node 13/Segmen 13	31,05
Node 14/Segmen 14	8,11
Node 15/Segmen 15	3,24
Node 16/Segmen 16	3,24

### 3.5. Analisa desain *Z bend loop*

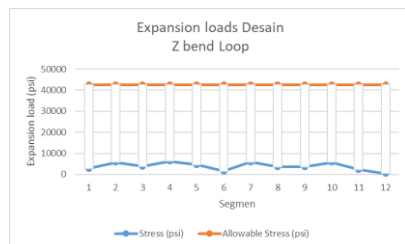
Pembagian node/segmen pada desain *three dimensional loop* didasarkan pada banyaknya belokan dan *support* pada *line 07/AFC/AEI-LND/C-18.0127/004* terdapat pada Tabel 3.2. Analisa tegangan mencakup *expansion load*, *sustain load*, dan *occasional load*. Pada analisa tegangan desain horizontal semua nilai tegangan berada dibawah *allowable stress* sehingga desain ini dapat diterima dari segi analisa tegangan, seperti pada grafik 3.5 dibawah.

Tabel 3. 1 Pembagian node desain Z bend loop

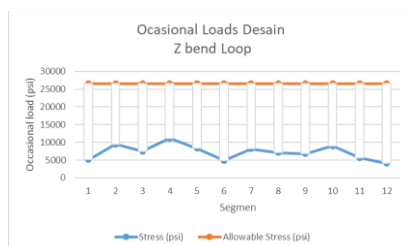
Node/Segmen	Panjang Segmen Desain Z Bend Loop Panjang (ft)
Node 1/Segmen 1	5,51
Node 2/Segmen 2	24,48
Node 3/Segmen 3	12,89
Node 4/Segmen 4	18,04
Node 5/Segmen 5	12,89
Node 6/Segmen 6	14,95
Node 7/Segmen 7	18,22
Node 8/Segmen 8	11,67
Node 9/Segmen 9	13
Node 10/Segmen 10	8,11
Node 11/Segmen 11	3,24
Node 12/Segmen 12	3,24



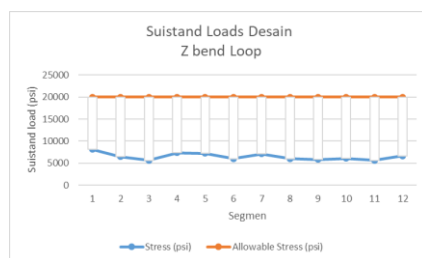
Gambar 3. 2 Pemodelan desain Z bend loop pada CAESAR II



Grafik 3. 4 Expansion loop desain Z bend loop



Grafik 3. 5 Occasional load desain Z bend loop



Grafik 3. 6 Sustained load desain Z bend loop

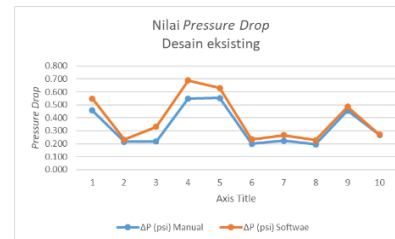
### 3.6. Perhitungan pressure drop

Perhitungan *pressure drop* dilakukan dengan menggunakan perhitungan manual dan *software*. Bertujuan untuk validasi perhitungan agar hasil yang didapatkan akurat, dengan presentase error dibawah 5%. Berikut merupakan perhitungan manual pada node 1 :

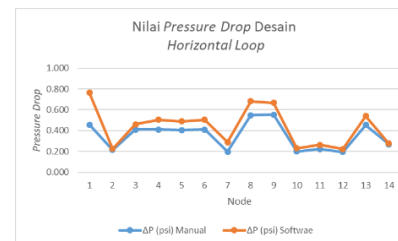
$$\Delta P = \rho \left[ \frac{v^2}{2} \left( f \frac{L}{D} + \sum K \right) \right]$$

$$\Delta P = \rho \left[ \frac{37.13^2}{2} \left( 0.012 \frac{5.577}{2.5} + 1.7 \right) \right]$$

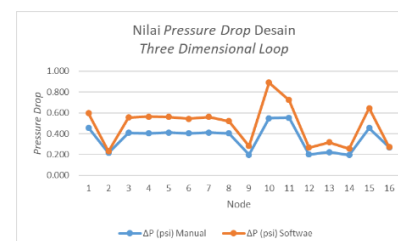
$$\Delta P = 0.457 \text{ psi}$$



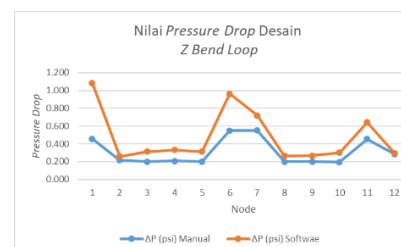
Grafik 3. 7 Pressure drop eksisting



Grafik 3. 8 Pressure drop horizontal loop



Grafik 3. 9 Pressure drop three dimensional loop



Grafik 3. 10 Pressure drop Z bend loop

### 3.7. Pemilihan Desain Efektif Menggunakan Metode Eliminasi Teknis dan Ekonomis

Dalam penelitian tugas akhir ini tujuan akhir dilakukan analisa teknis dan ekonomis adalah untuk mengetahui desain terbaik untuk dapat digunakan dalam menanggulangi permasalahan yang terjadi pada *line* 07/AFC/AEI-LND/C-18.0127/004. Pemilihan didasarkan pada peluang tersebar dalam semua variable pembanding termasuk teknis maupun

ekonomis. Berikut merupakan hasil analisa desain efektif :

Tabel 3. 2 Perbandingan variable desain

Variable Factor	Horizontal loop	Threedimensional loop	Z bend loop
Expansion load (psi)	4020	3894	7992
Sustain load (psi)	10478	14732	11106
Occasional load (psi)	8554	12249	11105,9
Pressure Drop (psi)	0,14	0,113	0,137
Cost (Rp)	120.202.460,00	130.804.100,00	262.678.560,00

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian “Desain *Expansion Loop* pada Line 07/AFC/AEI/-LND/C-18.0127/004 Untuk Proses *Moleccular Sieve Adsorber* Di Perusahaan Gas” yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Analisa *thermal stress* desain *existing* menunjukkan hasil tertinggi pada node 2 sebesar 21505.1 psi, dengan presentase 52 % dari nilai allowable stress 41348.1 psi. Nilai tersebut menjadi indikasi kuat adanya tegangan karena pembebanan yang terjadi terus-menerus.
2. Pada tipe *horizontal loop* nilai *expansion load* tertinggi sebesar 4019.9 psi, nilai *sustain load* tertinggi sebesar 10478.1 psi, dan nilai *occasional load* tertinggi sebesar 8554.3 psi. Pada tipe *three dimensional loop* nilai *expansion load* tertinggi sebesar 3894.2 psi, nilai *sustain load* tertinggi sebesar 14738.8 psi, dan *occasional load* tertinggi sebesar 12248.5 psi. Pada tipe *z bend loop* nilai *expansion load* tertinggi sebesar 7991.9 psi, nilai *sustain load* tertinggi sebesar 11106 psi, dan *occasional load* tertinggi sebesar 11105.9 psi.
3. Analisa allowable span pada desain *expansion loop* sudah memenuhi syarat maksimal allowable span dengan nilai 35.026 ft dari panjang total line setiap desain. Diketahui kebutuhan support semua tipe desain *expansion loop* sebanyak 5 buah dari total jarak 171.67 ft untuk desain *horizontal loop*, 182.82 ft untuk desain *three dimensional loop*, 147.98 ft untuk desain *z bend loop*.
4. Analisa pressure drop pada setiap desain *expansion loop* memiliki nilai yang berbeda. Nilai Pressure drop desain *existing* sebesar 1.015 psi, *horizontal loop* sebesar 1.16 psi, *three dimensional loop* sebesar 2.031 psi, dan *z bend loop* sebesar 2.031 psi Berdasarkan analisa desain efektif menggunakan metode eliminasi teknis dan ekonomis menghasilkan nilai peluang tertinggi yaitu tipe desain *horizontal loop*.

#### 5. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyadari penyelesaian jurnal ini tidak terlepas dari bimbingan dan motivasi dari berbagai pihak, penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT atas berkat, rahmat dan hidayah-Nya Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan lancar dan tepat waktu.
2. Kedua orang tua yang telah memberikan begitu banyak nasehat hidup, kasih sayang, doa,

dukungan moril serta materil, dan segalanya bagi penulis.

3. Bapak Ir. Eko Julianto, M.Sc, F.RINA selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
4. Bapak Heroe Poernomo, ST., MT. selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyelesaian jurnal tugas akhir.
5. Bapak Pekik Mahardhika, S.ST., MT. selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyelesaian jurnal tugas akhir.
6. Seluruh staf pengajar Program Studi D4 Teknik Perpipaan yang telah memberikan banyak ilmu kepada penulis selama masa perkuliahan.
7. Semua teman-teman D4 Teknik Perpipaan, yang telah memberikan semangat, keceriaan, dan ilmu selama penulisan tugas akhir.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

#### 6. PUSTAKA

- [1] Chamsudi, A. (2005). *Piping Stress Analisis. DIKTAT-PIING STRESS ANALISYS*. Jakarta. <https://doi.org/10.1353/fge.2014.0034>
- [2] Crane. (1999). *Flow of Fluids Through Valves, Fittings & Pipe* (Metric Edi). New York.
- [3] Mahardhika, P. (2017). Penentuan Allowable Span Antar Penyangga Pipa Slf Berdasarkan Tegangan, Defleksi, Frekuensi Alami. *Jurnal IPTEK*, 21(2), 1–8. <https://doi.org/10.31284/j.ipitek.2017.v21i2.149>
- [4] Mahardhika, P., Julianto, E., Indartono, A., & Kusuma, G. E. (2018). Analisa Pengaruh Kenaikan Tekanan Fluida Terhadap Tegangan Dan Fleksibilitas Pipa Blowdown a106 Grade a Berdasarkan Asme B31.3. *Teknik*, 39(1), 1–6. <https://doi.org/10.14710/teknik.v39i1.17118>
- [5] Sam Kannappan, P. E. (1986). *Introduction To Pipe Stress Analysis*. New York.