



INFOMATEK

Volume 22 Nomor 2 Desember 2020

# ANALISIS DAN PERANCANGAN LOOPS PADA SISTEM PEMIPAAN JALUR PIPA GAS DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM CAESAR II

Insan Kamil Komaruzaman\*, Jojo Sumarjo, Aa Santosa

Jurusan Teknik Mesin  
Universitas Singaperbangsa Karawang

**Abstrak:** Sistem pemipaan merupakan berfungsi untuk mengalirkan fluida (Zat cair, gas) dari satu tempat ketempat lainnya bisa dalam bentuk pipeline ataupun piping. Sistem pemipaan harus dirancang sedemikian rupa supaya terhindar dari kecelakaan yang diakibatkan oleh kelebihan beban/*Overload* maupun kelebihan panas / *Overheat*. Salah satu cara untuk membuat sistem pemipaan aman, maka dibuat sebuah loops untuk menjaga supaya tidak terjadi expansion thermal. Untuk itu dalam perancangan pipa salah satu yang harus dilakukan adalah analisis tegangan (*stress analysis*), yang mana harus diupayakan agar tegangan maksimum yang terjadi pada pipa tidak melebihi tegangan izin material yang digunakan dalam perancangan. Dalam Penelitian ini dirancang sebuah *loops* pada sistem pemipaan untuk mengalirkan gas yang bertemperatur 140°F dengan tekanan didalam pipa sebesar 1000 psi, dengan jarak antar reservoir sejauh 1 km dengan kondisi seperti itu dikhawatirkan akan terjadi bending pada pipa tersebut. Perancangan dan analisis sistem pemipaan ini merujuk kepada Code Asme B31.3 dengan material A-335 P11. Hasil penelitian dengan menggunakan simulasi ini menunjukkan bahwa tegangan maksimum yang terjadi pada pipa dengan pressure 100 Psi, temperatur 140°F sebesar 2025,6 lb/sq.in. Displacement (pergerakan) maksimal terjadi pada node 29 sebesar 0,0635 in dalam arah sumbu z. Gaya terbesar terjadi pada node 18 dan 29 searah sumbu y sebesar 3400,6 lb. Nilai tegangan maksimum tersebut masih jauh di bawah tegangan izin materialnya sebesar 30000 lb/sq.in, dan pipa tidak mengalami *overstress* karena tegangan yang terjadi tidak melebihi tegangan izin maksimum dari material pipa, sehingga loops yang direncanakan dikatakan aman.

**Kata kunci:** *Loops, Expansion thermal, Sistem pemipaan, Overload, Overheat*

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Suatu sistem pemipaan akan mengalami pembebanan pada kondisi operasi atau tidak beroperasi, beban-beban ini mengakibatkan terjadinya tegangan, seperti tegangan *sustain*

dan tegangan *ekspansi* (Armansyah dkk. [1]), (ASME [2]). Adapun opsi yang digunakan untuk mengurangi beban ekspansi adalah dengan menambahkan design *expansion loops* (Lazuardi [3]).

### 1.2 Beban *Sustain* (*Sustain Loads*)

Beban *sustain* adalah beban yang bekerja terus-menerus selama operasi. Beban ini

\* komaruzaman23@gmail.com

merupakan kombinasi beban yang diakibatkan oleh tekanan internal dari fluida yang dialirkan dan beban berat (berat fluida dan berat pipa). [3]. Pada beban *sustain* terjadi tegangan akibat *internal pressure* dan tegangan akibat gaya berat sistem perpipaan.

**1.3 Beban Ekspansi Termal (Expansion Load)**

Beban *ekspansi* merupakan beban yang timbul akibat adanya perpindahan pada struktur pipa (*ekspansi termal*) pada sistem perpipaan. Beban *ekspansi termal* dapat dibagi menjadi (Migas Indonesia [4]).

**1.4 Expansion loop**

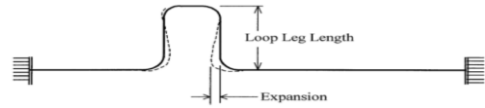
Expansion loop adalah suatu metoda yang digunakan pada desain sistem perpipaan yang intinya mengurangi tegangan akibat muai dan susut nya si pipa. Muai dan susut semata2 disebabkan oleh 'Perubahan Temperature' dari kondisi ambien ke kondisi operasi (Kannapan [5]).



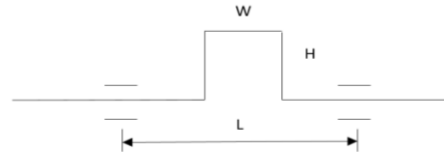
**Gambar 1.**  
Bentuk Loop [5]

Ketika terjadi penambahan beban pada pipa, maka fungsi loop disini adalah untuk menjaga supaya tidak terjadi bending secara permanen, loop akan bergerak secara

fleksibel sehingga pipa akan aman dari kegagalan.



**Gambar 2.**  
Gerakan loop akibat expansion [5]



**Gambar 3.**  
Ukuran Loop [5]

Panjang Span (L) bisa dicari berdasarkan defleksi dan *stress* [5], (Harahap [6]).

$$Span L = \sqrt{\frac{0,4 \cdot Z \cdot Sh}{W}} \quad \text{Limited of stress} \quad (1)$$

$$Span L = \sqrt{\frac{\Delta \cdot E \cdot I}{13,5 \cdot W}} \quad \text{Limited of deflection} \quad (2)$$

Langkah berikutnya mencari ukuran tinggi (H) dan lebar (W) Loop

$$L2 = \sqrt{\frac{3ED\Delta}{144S_A}} \dots \dots \dots (\text{estimate loop}) \quad (3)$$

$$L2 = W + 2(H) \quad (4)$$

Mencari  $S_A$  (*allow Stress*) Tegangan yang diijinkan

$$S_A = f(1,25 S_C + 0,25 S_H) \quad (5)$$

**1.5 Caesar II**

Caesar II adalah program komputer untuk perhitungan *Stress Analysis* yang mampu

mengakomodasi kebutuhan perhitungan Stress Analysis seperti tegangan yang diakibatkan oleh beban termal atau beban luar. Software ini sangat membantu dalam Engineering terutama desain Mechanical dan sistem perpipaan dengan menggunakan simple beam element kemudian menentukan kondisi pembebanan sesuai dengan kondisi yang dikehendaki. Dengan memberikan/membuat inputan tersebut Caesar II mampu menghasilkan hasil analisa berupa stress yang terjadi, beban, dan pergeseran terhadap sistem yang kita analisa [5].

## II. METODOLOGI

Data Penelitian tentang *Stress Analysis* pada pipa penyalur gas ini merujuk kepada standar Code ASME B31.3.

Tabel 1. Data Penelitian

DESIGN STANDAR CODE	ASME B31.3
Outside Diameter (Do)	10 inch
Corrosion Allowance	0,118 inch
Design Temperature	140
Internal Design Pressure (Pi)	1000 Psi
Joint Efficiency (E)	1 (seamless)
Design Safety Factor	0,3
Pipeline Material & Specified Minimum Yield Strength	65.000 Psi
Modulus elastisitas	2.07E + 05
Design Factor(F)	0,72

## III. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Perhitungan Ukuran Loop

Perhitungan dimulai dengan mencari panjang Span (L) yang diakibatkan oleh tegangan Pers. (1), maka didapat sebesar 9,9 feet. Mencari panjang Span (L) yang diakibatkan oleh Defleksi Pers. (2) maka didapat sebesar 306,49 feet.

Span yang direkomendasikan 9,9 feet (terkecil)

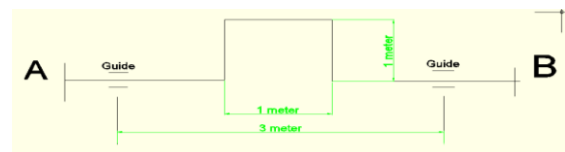
$$L = 9,9 \text{ ft} = 3,5 \text{ m}$$

$$L = W + 2(H)$$

$$\text{Sehingga } 3,3 = 1 + 2(0,75)$$

$$W = 1 \text{ meter dan } H = 0,75 \text{ meter}$$

Ukuran Loop hasil perhitungan berdasarkan tegangan dapat dilihat pada Gambar 4.

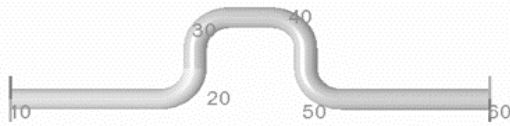


Gambar 4.

Ukuran Loop hasil perhitungan berdasarkan tegangan.

### 3.1 Data Hasil Simulasi dengan Software Caesar II

Hasil simulasi akibat temperatur dan tekanan pada loop dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.**

Hasil simulasi akibat temperatur dan tekanan pada loop.

Hasil penelitian mengenai pergerakan pipa yang terjadi akibat tekanan dan temperatur dan berat pipa untuk tiap node dapat dilihat pada Tabel 2. Tabel 3 memperlihatkan gaya-gaya yang terjadi pada tiap node. Sedangkan Tabel 4 memperlihatkan hasil pengukuran mengenai data tegangan yang terjadi pada tiap node akibat temperatur, tekanan dan berat pipa.

**Tabel 2.** Data pergerakan pipa akibat tekanan dan temperatur, dan berat pipa tiap node

Node	DX in.	DY in.	DZ in.	RX deg.	RY deg.	RZ deg.
10	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	0.000	0
18	0.027	-0.000	-0.027	-0.000	0.050	0
19	0.026	-0.000	-0.040	-0.000	0.064	0
20	0.015	-0.000	-0.050	-0.000	0.068	0
28	0.003	-0.000	-0.054	-0.000	0.065	0
29	-0.005	-0.000	-0.063	-0.000	0.044	0
30	-0.003	-0.000	-0.070	0.000	0.013	0
38	0.003	-0.000	-0.070	0.000	-0.013	0
39	0.005	-0.000	-0.063	0.000	-0.042	0
40	-0.003	0.000	0.0547	0.000	-0.065	0
50	-0.027	-0.000	-0.027	0.000	-0.050	0
60	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000	0

**Tabel 3.** Data gaya-gaya yang terjadi tiap node

Node	$f_x$ lb.	$f_y$ lb.	$f_z$ lb.	$m_x$ ft.lb.	$m_y$ ft.lb.	$m_z$ ft.lb.
10	1860	0	-0	0.0	0.0	2021.5
18	1860	-0	-0	0.0	2021.5	0.0
19	1315	-0	-1315	0.0	1340.4	-0.0
20	-0	0	1860	-0.0	303.8	-0.0
28	-0	-1860	0	-0.0	0.0	1756.4
29	1315	0	1315	0.0	3400.6	-0.0
30	1860	-0	-0	-0.0	-0.0	-4081.7
38	1860	-0	-0	-0.0	4081.7	-0.0
39	1315	-0	-1315	-0.0	3400.6	-0.0
40	0	0	1860	-0.0	-1756.4	-0.0
50	-1860	0	0	-0.0	-2021.5	0.0
60	-1860	-0	0	-0.0	0.0	-2021.5

**Tabel 4.** Data tegangan yang terjadi tiap node akibat temperatur, tekanan dan berat pipa

Node	Bending Stress lb./sq.in.	Torsion Stress lb./sq.in.	SIF In Plane	SIF Out Plane	Code Stress lb./sq.in.	Allowable Stress lb./sq.in.	Ratio %	Piping Code
10	2025.6	0.0	1.000	1.000	2025.6	30000.0	6.8	B31.3
18	2025.6	-0.0	1.000	1.000	2025.6	30000.0	6.8	B31.3
18	2025.6	0.0	1.000	1.000	2025.6	30000.0	6.8	B31.3
19	1343.1	-0.0	1.000	1.000	1343.1	30000.0	4.5	B31.3
19	1343.1	0.0	1.000	1.000	1343.1	30000.0	4.5	B31.3
20	304.4	-0.0	1.000	1.000	304.4	30000.0	1.0	B31.3
20	304.4	0.0	1.000	1.000	304.4	30000.0	1.0	B31.3
28	1759.9	-0.0	1.000	1.000	1759.9	30000.0	5.9	B31.3
28	1759.9	0.0	1.000	1.000	1759.9	30000.0	5.9	B31.3
29	3407.4	-0.0	1.000	1.000	3407.4	30000.0	11.4	B31.3
29	3407.4	0.0	1.000	1.000	3407.4	30000.0	11.4	B31.3
30	4089.9	0.0	1.000	1.000	4089.9	30000.0	13.6	B31.3
30	4089.9	-0.0	1.000	1.000	4089.9	30000.0	13.6	B31.3
38	4089.9	0.0	1.000	1.000	4089.9	30000.0	13.6	B31.3
38	4089.9	-0.0	1.000	1.000	4089.9	30000.0	13.6	B31.3
39	3407.4	0.0	1.000	1.000	3407.4	30000.0	11.4	B31.3
39	3407.4	-0.0	1.000	1.000	3407.4	30000.0	11.4	B31.3
40	1759.9	-0.0	1.000	1.000	1759.9	30000.0	5.9	B31.3
40	1759.9	0.0	1.000	1.000	1759.9	30000.0	5.9	B31.3
50	2025.6	-0.0	1.000	1.000	2025.6	30000.0	6.8	B31.3
50	2025.6	0.0	1.000	1.000	2025.6	35244.5	5.7	B31.3
60	2025.6	-0.0	1.000	1.000	2025.6	34678.0	5.8	B31.3

Data tegangan yang terjadi tiap node akibat temperatur, tekanan dan berat pipa adalah sebagai berikut:

Highest Stresses: (lb./sq.in.)		
Ratio (%):	13.6	@Node 30
Code Stress:	4089.9	Allowable Stress: 30000.0
Axial Stress:	376.1	@Node 18
Bending Stress:	4089.9	@Node 30
Torsion Stress:	0.0	@Node 20
Hoop Stress:	0.0	@Node 18
Max Stress Intensity:	4466.0	@Node 30

Perhitungan dengan simulasi Caesar II tegangan yang terjadi sebesar 3761 lb/in<sup>2</sup> untuk tegangan axial, tegangan lentur sebesar 4089,9 lb/in<sup>2</sup> hasil tersebut masih berada di bawah tegangan yang diijinkan sehingga desain pemipaan.

#### IV. KESIMPULAN

Loops digunakan dalam sistem pemipaan untuk mencegah terjadinya expansion yang diakibatkan oleh perubahan suhu atau beban dari pipa tersebut. loop akan bergerak secara fleksibel sehingga pipa akan aman dari kegagalan

Setelah melakukan perhitungan untuk merancang dimensi loops maka didapat tingggi loops (H) = 1 meter, lebar loops (W) = 1 meter dan jarak span 3 meter.

Material pipa dari API 5L dengan tegangan yang diijinkan sebesar 30.000 lb/in<sup>2</sup>, setelah melakukan perhitungan dengan simulasi Caesar II tegangan yang terjadi sebesar 3761 lb/in<sup>2</sup> untuk tegangan axial, tegangan lentur sebesar 4089,9 lb/in<sup>2</sup> hasil tersebut masih berada di bawah tegangan yang diijinkan sehingga desain pemipaan. Untuk jalur gas ini bisa dikatakan aman, sistem pemipaan ini merujuk kepda Code ASME B31.3.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Armansyah, R., Satrijo, D., Prahasto, T. Desain dan Analisis Tegangan Sistem Perpipaan Main Steam (Low Pressure) pada Combined Cycle Power Plant, *Jurnal Teknik Mesin*, Vol. 4, No. 2, 2016, 187-196.
- [2] ASME B31.3, *Process Piping Code Design Requirements*, Virtual Training
- [3] Lazuardi, B., Kusuma, G.E., *Desain Insulasi Expansion loops pada Penggantian Jalur Pipa Transfer Ammonia*, PPNS, 2013.
- [4] Migas Indonesia.Com *Diskusi Konfigurasi Pipa Expansion Loops*, 2010.
- [5] Kannapan, S. 1986. *Introduction to Pipe Stress Analysis*. Jhon Wiley And Sons, Inc., U.S.A

- [6] Harahap, S.H. Analisis Pengaruh Expansion loop pada tegangan pipa dan gaya Nozel, BATAN, 2010